

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004 年 4 月 15 日 (15.04.2004)

PCT

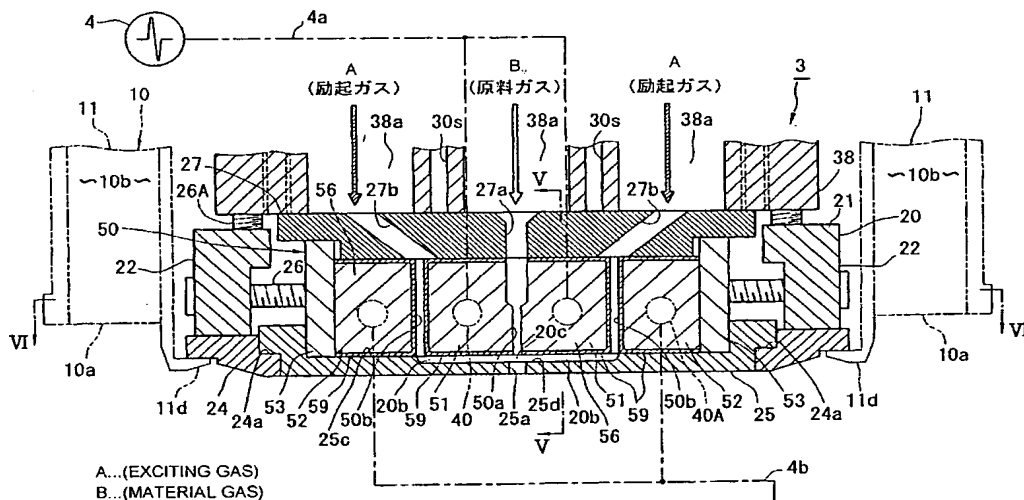
(10) 国際公開番号  
WO 2004/032214 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/205, C23C 16/50 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 積水化学工業株式会社 (SEKISUI CHEMICAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒530-8565 大阪府 大阪市 北区西天満 2 丁目 4 番 4 号 Osaka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/012821
- (22) 国際出願日: 2003 年 10 月 7 日 (07.10.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (72) 発明者; および
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 川崎 真一 (KAWASAKI, Shinichi) [JP/JP]; 〒192-0906 東京都 八王子市 北野町 5 9 3-8 積水化学工業株式会社内 Tokyo (JP). 中武 純夫 (NAKATAKE, Sumio) [JP/JP]; 〒192-0906 東京都 八王子市 北野町 5 9 3-8 積水化学工業株式会社内 Tokyo (JP). 北畠 裕也 (KITA-HATA, Hiroya) [JP/JP]; 〒192-0906 東京都 八王子市 北野町 5 9 3-8 積水化学工業株式会社内 Tokyo (JP). 中嶋 節男 (NAKAJIMA, Setsuo) [JP/JP]; 〒192-0906
- (30) 優先権データ:  
特願2002-294140 2002 年 10 月 7 日 (07.10.2002) JP  
特願2002-294126 2002 年 10 月 7 日 (07.10.2002) JP  
特願2002-294125 2002 年 10 月 7 日 (07.10.2002) JP  
特願2002-294141 2002 年 10 月 7 日 (07.10.2002) JP  
特願 2002-377333 2002 年 12 月 26 日 (26.12.2002) JP

[続葉有]

(54) Title: PLASMA FILM FORMING SYSTEM

(54) 発明の名称: プラズマ成膜装置



(57) Abstract: A plasma film forming system comprising two first electrodes (51) connected to a power supply (4) and two earthed second electrodes (52) that are arranged sequentially as the second electrode (52), the first electrode (51), the first electrode (51), and the second electrode (52). A film material gas (first gas) is passed through a first flow path (50a) formed between the first electrodes (51) at the center. An exciting gas (second gas), that is excited so as to be able to form the material into a film by plasma but is not formed into a film itself by only being excited, is passed through second flow paths, or plasma discharge spaces (50b), between the first and the second electrodes (51, 52) on opposite sides. These gases merge at the crossing (20c) of the first and second flow paths and are discharge via a common discharge path (25c). Accordingly, a film is prevented from depositing on system-constituting members such as electrodes.

(57) 要約: プラズマ成膜装置には、電源 4 に接続された 2 つの第 1 電極 5 1 と、接地された 2 つの第 2 電極 5 2 とが、第 2 電極 5 2、第 1 電極 5 1、第 1 電極 5 1、第 2 電極 5 2 の順に並べられている。中央の第 1 電極 5 1 同士間に形成された第 1 流路 5 0 a には、膜の原料ガス (第 1 ガス) が通される。両側の第 1 及び第 2 電極 5 1、5 2 同士間に形成さ

[続葉有]



東京都 八王子市 北野町 5 9 3-8 積水化学工業株式会社内 Tokyo (JP). 江口 勇司 (EGUCHI, Yuji) [JP/JP]; 〒192-0906 東京都 八王子市 北野町 5 9 3-8 積水化学工業株式会社内 Tokyo (JP). 安西 純一郎 (ANZAI, Junichiro) [JP/JP]; 〒192-0906 東京都 八王子市 北野町 5 9 3-8 積水化学工業株式会社内 Tokyo (JP). 中野良憲 (NAKANO, Yoshinori) [JP/JP]; 〒192-0906 東京都 八王子市 北野町 5 9 3-8 積水化学工業株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 渡辺 昇, 外 (WATANABE, Noboru et al.); 〒102-0074 東京都 千代田区 九段南 3 丁目 7 番 7 号、九段南グリーンビル 3 階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): CA, CN, KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

れた第 2 流路のプラズマ放電空間 5 0 b には、プラズマによって前記原料を膜化可能に励起される一方、それ自体は励起するだけでは膜化されない励起ガス (第 2 ガス) が通される。これらガスは、第 1、第 2 流路の交わり部 2 0 c で合流し、共通吹出し路 2 5 a を経て吹出される。これによって、電極等の装置構成部材に膜が付着するのを防止できる。

## 明細書

## プラズマ成膜装置

## 技術分野

この発明は、一対の電極間の印加電界により処理ガスをプラズマ化し、半導体基材等の基材の表面に成膜、エッチング、アッシング、洗浄、改質等の処理を行なうプラズマ表面処理技術に関する。特に、プラズマ成膜において、基材を電極間の電界印加空間から離して配置する所謂リモート式に好適な装置に関する。

## 背景技術

プラズマ表面処理装置には、一対の電極が設けられている（例えば特開平 1 1 - 2 3 6 6 7 6 号公報参照）。これら一対の電極どうし間に処理ガスが導入されるとともに、電界が印加されグロー放電が形成される。これにより、処理ガスがプラズマ化される。このプラズマ化した処理ガスが、半導体基材等の基材に当てられる。これによって、基材の表面に、成膜（CVD）、エッチング、アッシング、洗浄、表面改質等の処理を施すことができる。

1 台の装置に設けられた電極は、2 つに限られない。例えば、特開平 5 - 2 2 6 2 5 8 号公報に記載のプラズマ処理装置では、多数枚の電極が、極性が交互になるようにして並べられている。

プラズマ表面処理の方式には、基材を一対の電極どうの間の電界印加空間に配置する所謂ダイレクト式と、基材を電界印加空間から離して配置しこの基材に向けて電界印加空間でプラズマ化した処理ガスを吹付ける所謂リモート式とがある。また、装置全体を減圧チャンバーに入れて低圧環境で処理を行なう低圧プラズマ処理方式と、大気圧近傍の圧力（略常圧）下で処理を行なう常圧プラズマ処理方式とがある。

例えば、特開平 1 1 - 2 5 1 3 0 4 号公報に記載されているように、リモート式の常圧プラズマ表面処理装置には、処理ガスの吹出しノズルが備えられている。このノズルの内部に一対の電極が対向配置されている。少なくとも一方の電極

の対向面には、セラミック等の固体誘電体層が溶射被膜等の手段で設けられている。これは、常圧の電極間空間で発生するアーク放電を防止するためである。ノズルには、電極間の電界印加空間に連なる吹出し路が形成されている。この吹出し路の先に基材が配される。

プラズマ表面処理用のガスは、処理目的に応じたものが用いられる。成膜（CVD）の場合は、膜の原料を含むガスが用いられる。この原料ガスが、電極間に導入され、プラズマにより反応を起こし、基材の表面に被膜される。

しかし、成膜処理においては、膜が、基材に付着すべきところ、装置の側に付着してしまいやすいという問題がある。特に、リモート式では、吹出し路から吹出される前に電極の表面に付着しやすい。ノズルの吹出し路の周りや基材との対向面にも付きやすい。このため、原料のロスが多くなってしまう。電極等の取り替えや洗浄等のメンテナンスも頻繁に行なわなければならない。電極等の構成部材を丸ごと取り替えるのは、資材の無駄が甚だしい。また、吹出し路の周りの付着物（汚れ）を落とすためにノズルを丸ごと洗浄するのは著しく煩雑である。しかも、メンテナンス中は処理を中断せざるを得ない

ところで、特開平3-248415号公報には、常圧CVD一般において、ノズルの周辺から排気部にかけての壁面を金網で構成し、その網目から不活性ガスを吹出すことにより、装置側への膜の付着を防止する技術が開示されている。しかし、網目からの不活性ガスで処理ガス流が乱され、基材への成膜効率を損なうおそれがある。

また、常圧でのプラズマ表面処理では、低圧環境と比べてラジカルの平均自由行程（寿命）が短いという問題がある。そのため、ノズルを基材から離しすぎると、失活して成膜できなくなる。一方、ノズルを基材に近付けすぎると、電界を印加する側の電極と基材との間でアークが発生しやすくなり、基材を損傷することがある。

なお、常圧プラズマ表面処理では、アーク（異常放電）は、電極の背面（対向面とは逆側の面）や電極のエッジからも発生することがある。特に処理ガスとしてアルゴンを始めとする希ガスや水素を用いた時に顕著である。

この発明は、前記事情に鑑みてなされたものであり、プラズマ表面処理の中でもプラズマ成膜における、特にリモート式のプラズマ成膜における電極等への膜付着の問題に対する解決技術を提供するものである。さらには、アーク放電も防止して良好な成膜処理をできるようにするものである。

#### 発明の開示

前記問題点を解決するために、本発明は、プラズマの作用で基材の表面に膜を形成するプラズマ成膜装置において、

(A) 前記膜の原料を含む第 1 ガスの供給源と、

(B) プラズマ放電により前記原料を膜化可能な励起状態になる一方、自ら膜化する成分を含まない第 2 ガスの供給源と、

(C) 基材と対向されるべき処理ヘッドと、

を備え、前記処理ヘッドには、

(a) 接地された接地電極と、

(b) 電源に接続されるとともに前記接地電極との間にプラズマ放電空間を形成する電界印加電極と、

が設けられるとともに、

(c) 前記第 1 ガス供給源からの第 1 ガスを、前記プラズマ放電空間を避けるようにして、又は、かすめるようにして基材へ導く第 1 流路と、

(d) 前記プラズマ放電空間を含み、前記第 2 ガス供給源からの第 2 ガスを、前記プラズマ放電空間に通した後、前記第 1 ガスと接触させる第 2 流路と、

が形成されていることを特徴とする。

これによって、プラズマ放電空間を構成する電極の表面に膜が付着するのを防止できる。よって、原料のロスを低減できる。また、電極の取替えや洗浄などのメンテナンスの手間を軽減することができる。

前記第 1 特徴において、例えば、前記第 1、第 2 流路どうしは、互いに合流して共通の吹出し路に連なり、この共通吹出し路が、前記処理ヘッドの基材と対向すべき面に開口されていてもよく（図 3 等参照）、前記処理ヘッドの基材と対向すべき面に前記第 1、第 2 流路の下流端が互いに離れて開口し、それぞれ第 1、

第2ガスの個別の吹出し口を構成してよい(図11等参照)。前者の共通吹出し構造では、第1ガスと、プラズマ化した第2ガスとを共通吹出し路で接触させ、確実に反応させることができる。後者の個別吹出し構造では、吹出し路の内周面への膜を確実に防止できる。

前記共通吹出し構造では、例えば、前記第1、第2流路のうち一方の流路が、前記共通吹出し路に真っ直ぐに連なり、他方の流路が、前記一方の流路と角度をなして交わっている。第1、第2ガスの一方を真っ直ぐに吹出し方向に流し、これに他方のガスを合流させることができる。

共通吹出し構造における前記第1、第2流路の交わり角度は、例えば直角をなしている。但し、これに限定されるものではなく、鋭角であってもよく、鈍角であってもよい。前記第1、第2流路が、共に前記共通吹出し路に対し角度をなしていてもよい。

前記第1特徴において、例えば、前記電極は、前記第1流路を画成する部材として提供されている。これによって、専用の第1流路形成部材を省いたり短くしたりすることができる。

前記第1特徴において、例えば、前記処理ヘッドには、同極性の電極が互いに隣接して2つ設けられており、これら同極性の電極の間に前記第1流路が形成されている。前記同極性の電極とは、電界印加電極どうしであってあってもよく、接地電極どうしであってあってもよい。

前記第1特徴において、例えば、前記処理ヘッドには、前記電界印加電極と接地電極が2つずつ、合計4つの電極が設けられており、2つの電界印加電極が、互いに隣接して間に前記第1流路を形成し、電界印加電極と接地電極が、1つずつ対向して間に前記プラズマ放電空間を形成している(図3等参照)。

前記4つの電極は、例えば、接地電極、電界印加電極、電界印加電極、接地電極の順に並べられ、これにより、2つのプラズマ放電空間ひいては第2流路が、1つの第1流路を挟んで両側に配されている。

この4電極・3流路構造では、例えば、前記処理ヘッドが、前記電極の基材を向くべき面に被さる基材対向部材を有し、この基材対向部材には、前記3つの流

路の個別の吹出し路が並んで形成されている（図 1 1 参照）。これにより、前記個別吹出し構造の一態様が構成される。

また、前記 4 電極・3 流路構造において、前記処理ヘッドが、前記電極の基材を向くべき面に被さる基材対向部材を有し、この基材対向部材と各電界印加電極の間に前記第 2 流路の一部として連通路が形成され、この連通路を介してプラズマ放電空間と第 1 流路が連通され、前記基材対向部材には、第 1、第 2 ガスの共通の吹出し路が、前記第 1 流路と連通路の交わり部に連なるようにして形成されていてもよい（図 3 参照）。これにより、前記個別吹出し構造の一態様が構成される。

前記基材対向部材は、例えば、セラミック等の絶縁性（誘電性）材料で構成する。

前記 4 電極・3 流路構造をより一般化させた構造として、前記処理ヘッドには、複数の電界印加電極と複数の接地電極が設けられ、これら電極が、同極性の電極どうし間に形成された第 1 流路と、異極性の電極どうし間に形成されたプラズマ放電空間すなわち第 2 流路とが交互に配置されるようにして並べられていてもよい（図 1 3 参照）。「同極性の電極どうし」とは、電界印加電極どうし、又は接地電極どうしのことであり、「異極性の電極どうし」とは、電界印加電極と接地電極どうしのことである。

この第 1、第 2 流路交互配置構造では、前記並び方向の両端部に位置する電極が、接地電極であることが望ましい。これによって、電極列の外側に電界が漏れるのを防止できる。

前記交互配置構造において、第 1、第 2 流路は、1 つずつ交互に配列されていてもよく、複数ずつ交互に配列されていてもよい。複数の第 2 流路と 1 つの第 1 流路が交互に配列されていてもよい。或いは、複数の第 1 流路と 1 つの第 2 流路が交互に配列されていてもよい。ひとかたまりの第 1 または第 2 流路の数が、並び方向の位置に応じて異なってもよい。全体として第 1 流路よりも第 2 流路の数が多の方が、原料ガスの反応を十分に確保することができ、好ましい。

前記第 1 特徴において、例えば、前記電界印加電極と接地電極が、これら電極の対向方向と直交する向きに延び、これら電極間のプラズマ放電空間の上流端が

、前記対向方向及び延び方向と直交する第1方向の一端部に設けられ、下流端が、前記第1方向の他端部に設けられている。これによって、一度に成膜処理可能な範囲を長くでき、処理効率を向上できる。

前記長尺電極構造では、前記電界印加電極の長手方向の一端部に前記電界印加手段への給電線が接続され、前記接地電極の長手方向の他端部に接地線が接続されていることが望ましい（図6参照）。これによって、給電線と接地線がショートするのを防止できる。

前記第1特徴の望ましい一態様では、前記処理ヘッドにおいて、前記接地電極が、前記電界印加電極の基材を向くべき側に対向配置されている（図15参照）。これによって、電界印加電極と基材の間に接地電極を介在させ、電界印加電極と基材との間でアークが発生するのを防止して、基材の損傷を防止できるとともに、処理ヘッドひいてはプラズマ放電空間を基材に十分に近付けることができる。この結果、活性種が失活しないうちに、これを基材に確実に到達させることができ、高速かつ良好な成膜処理を行なうことができる。この介在構造は、ラジカルの平均自由行程（失活するまでの距離）が短い略常圧下でのプラズマ成膜処理において特に有効である。

ここで、本発明における略常圧（大気圧近傍）とは、 $1.333 \times 10^4 \sim 10.664 \times 10^4 \text{ Pa}$ の範囲を言う。特に $9.331 \times 10^4 \sim 10.397 \times 10^4 \text{ Pa}$ の範囲は、圧力調整が容易で装置構成が簡便になり、好ましい。

前記接地電極介在構造では、例えば、前記処理ヘッドが、前記電界印加電極の基材を向くべき面に被さる基材対向部材を有し、この基材対向部材に前記接地電極が設けられている。この基材対向部材と電界印加電極との間に隙間が形成され、この隙間が前記プラズマ放電空間を含む第2流路となっている。このプラズマ放電空間が、前記第1流路と直接に交わり、前記基材対向部材には、第1、第2ガスの共通の吹出し路が、前記交わり部に連なるようにして形成されていることが望ましい。この直接合流構造によれば、放電空間のプラズマを交わり部にはみ出させることができる。このはみ出し部分によって、第1ガスを直接的にプラズマ化させることができる。（第1ガスが、プラズマ放電空間をかすめるようにすることができる。）これによって、成膜効率を高めることができる。



前記接地電極介在構造において、例えば、前記基材対向部材の基材を向くべき面（電界印加電極側とは逆側の面）に、前記接地電極のための収容凹部が形成されている。これによって、接地電極が、基材に直接対向することになる。この接地電極の直接対向構造において、前記基材対向部材が、セラミックにて構成されており、この基材対向部材の前記収容凹部の形成部分が、前記接地電極の金属本体に被さる固体誘電体層として提供されていることが望ましい。これによって、接地電極に専用の固体誘電体層を設ける必要がない。

前記接地電極介在構造において、例えば、前記接地電極の金属本体の前記共通吹出し路を向く側の端面が、前記電界印加電極の金属本体の同側端面と略面一か（図20参照）、またはそれより張り出してもよく、或いは、前記接地電極の金属本体の前記共通吹出し路を向く側の端面が、前記電界印加電極の金属本体の同側端面より引っ込んでいてもよい（図21参照）。前者の略面一又は張り出し構造では、電界が、接地電極より基材側に漏れるのを確実に防止でき、基材にアークが落ちるのを確実に防止でき、処理ヘッドと基材の間の距離を確実に小さくできる。後者の引っ込み構造では、電界印加電極と接地電極の端面の間に横方向電界を形成でき、第1ガスの反応空間を基材により近づけることができる。

前記第1特徴において、例えば、前記処理ヘッドには、接地された導電部材が、前記電界印加電極の基材を向くべき側に被さるように設けられている（図15、図23等参照）。これによって、電界印加電極と基材の間に接地された導電部材を介在させ、電界印加電極と基材との間でアークが発生するのを防止して、基材の損傷を防止できるとともに、処理ヘッドひいてはプラズマ放電空間を基材に十分に近付けることができる。この結果、活性種が失活しないうちに、これを基材に確実に到達させることができ、高速かつ良好な成膜処理を行なうことができる。この介在構造は、ラジカルの平均自由工程（失活するまでの距離）が短い略常圧下でのプラズマ成膜処理において特に有効である。

この導電部材介在構造において、前記導電部材が、電界印加電極との間にプラズマ放電空間を形成し、前記接地電極として提供されていてもよい（図15参照）。これによって、導電部材が接地電極を兼ね、部品点数を減らすことができる。

前記導電部材介在構造において、前記導電部材と電界印加電極の間に、両者を絶縁する絶縁部材が装填されていてもよい（図 2 3 参照）。これによって、導電部材と電界印加電極の間の放電を防止できる。

前記第 1 特徴において、前記処理ヘッドには、基材と対向すべき面の周縁部を囲む吸込み口を有する吸込みダクトが付設されていることが望ましい。これによって、処理済みガスが処理ヘッドと基材の間の空間に滞留するのを防止でき、スムーズに排出できる。ひいては基材対向材に汚れが付くのを低減でき、メンテナンスの頻度を減らすことができる。また、処理ヘッドと基材との間の空間内での第 1 ガスと第 2 ガスの流れを安定させることができ、略層流の状態を形成できる。

本発明の第 2 特徴は、プラズマの作用で基材の表面に膜を形成するプラズマ成膜装置において、前記膜の原料を含む第 1 ガスの供給源と、プラズマ放電により前記原料を膜化可能な励起状態になる一方、自ら膜化する成分を含まない第 2 ガスの供給源と、接地された接地電極と、電源に接続されるとともに前記接地電極と対向してプラズマ放電空間を形成する電界印加電極と、前記第 1 ガス供給源からの第 1 ガスを、前記プラズマ放電空間を避けるようにして、又は、かすめるようにして流し基材へ吹付ける第 1 流路形成手段と、前記第 2 ガス供給源からの第 2 ガスを、前記プラズマ放電空間を経るように流し前記第 1 ガスと接触させる第 2 流路形成手段と、を備えたことを第 2 特徴とする。これによって、プラズマ放電空間を構成する電極の表面に膜が付着するのを防止できる。よって、原料のロスを低減できる。また、電極の取替えや洗浄などのメンテナンスの手間を軽減することができる。

上述したように、同極電極どうしは第 1 流路形成手段となり得、異極電極どうしは第 2 流路形成手段となり得る。すなわち、例えば、前記電界印加電極が、第 1 ガスを通す流路を形成する面を有して前記第 1 流路形成手段として提供されていてもよい。また、前記電界印加電極と接地電極が、間に前記第 2 ガスを通す第 2 流路ひいてはプラズマ放電空間を形成することにより前記第 2 流路形成手段として提供されていてもよい。

前記第 2 特徴の他の態様によれば、前記接地電極が、前記電界印加電極の基材を向くべき側に誘電部材（絶縁部材）を挟んで配置されるとともに、この接地電極の一部に、前記誘電部材を露出させる切欠部が形成され、この切欠部内が前記プラズマ放電空間となっており、前記第 2 流路形成手段が、第 2 ガスを接地電極に添うように吹出し前記切欠部に入り込ませ、前記第 1 流路形成手段が、第 1 ガスを第 2 ガスより接地電極とは逆側において第 2 ガスと層流をなすように吹出す（図 2 2 参照）。これによって、第 1 ガスを、プラズマ放電空間をかすめるように流すことができ、かつ、基材のより近くで反応させることができ、しかも、装置側への膜付着を抑制できる。

本発明のようなプラズマ表面処理（特に常圧プラズマ表面処理）では、電界印加電極と接地電極の少なくとも一方の対向面には、アーク（異常放電）防止のために、固体誘電体層が設けられている。この固体誘電体層は、電極の金属本体に溶射等で被膜されていてもよい（図 3 参照）。或いは、以下のような、誘電ケース收容構造にしてもよい。

すなわち、本発明のプラズマ成膜装置の電極は、金属からなる本体と、この電極本体を收容する固体誘電体からなる誘電ケースとを備えていてもよい（図 1 9 参照）。これによって、たとえ膜（汚れ）が電極に付着したとしても、誘電ケースにしか付かず、電極本体に付くことはない。したがって、誘電ケースだけを洗浄等することにすれば、本体はそのまま使用することができる。また、電極本体の全体が固体誘電体層としての誘電ケースで覆われることになるため、他方の電極との対向面は勿論、背面やエッジにおいても異常放電を防止できる。特に、処理ガスとしてアルゴンや水素等の放電しやすい物質を用いた場合でも、背面等における異常放電を確実に防止することができる。更に、電極本体の表面に溶射等で直接被膜するのに比べて、厚みに変化を付けたりするのが容易である。なお、この誘電ケース收容構造それ自体は、本発明分野のプラズマ成膜に限らず、洗浄、エッチング、アッシング、表面改質等の他のプラズマ表面処理の電極構造にも敷衍して適用できる。リモート式プラズマ処理に限らずダイレクト式にも敷衍適用できる。

前記誘電ケースは、一面が開口された内部空間に前記電極本体を取り出し可能に收容するケース本体と、前記開口を塞ぐ蓋とを有していることが望ましい。

対をなす電界印加電極と接地電極の両方を前記誘電ケース收容構造にしてもよい。その場合、電界印加電極の誘電ケースと接地電極の誘電ケースとの間には、前記第 2 流路のプラズマ放電空間が形成されることになる。

前記第 1 流路を形成する 2 つの同極電極の各々が、金属からなる本体と、この本体を收容する固体誘電体からなる誘電ケースとを備え、これら電極の誘電ケースどうしが、互いに対向して間に前記第 1 流路を形成していてもよい。

各電極の誘電ケースが、互いに別体になっていてもよく、複数の電極の誘電ケースどうしが一体に連なっているともよい（図 28 等参照）。前者の別体構造においては、付着物（汚れ）の状況に応じて取り替え等のメンテナンスを互いに別個に行なうことができる。後者の一体構造においては、部品点数を少なくできるだけでなく、電極相互の位置決め等を簡単かつ正確に行なうことができる。一体構造の場合、ケース本体にガスの流路が形成され、この流路を挟んで両側に電極本体の收容空間が形成されるのが望ましい。この流路の路断面積を、ガスの流れ方向に沿って異ならせ、次第に狭くしたり広くしたり段差を付けたりしてもよい。これによって、ガス流の圧や速度を変化させることができる。一体構造によれば、このような異形流路を容易に作ることができる。

各電極ひいてはその誘電ケースが、他の電極との対向方向と直交する向きに延びており、前記誘電ケースが、他の電極との間の流路に導入されるガスを前記延び方向に均一に拡散させるガス均一化部を一体に有していてもよい（図 30 参照）。これによって、ガス均一化のための別途の部材が不要となり、部品点数を少なくすることができる。

前記誘電ケースにおけるプラズマ放電空間を形成する側の板部の厚さが、プラズマ放電空間の上流側と下流側とで異なっているともよい（図 28 参照）。また、前記ケース一体構造において、一体をなす誘電ケースには、プラズマ放電空間となる第 2 流路が形成され、この流路を挟んで両側に金属の電極本体がそれぞれ收容されており、これら電極本体どうしの間隔が、これらの間のプラズマ放電空間の上流側と下流側とで異なっているともよい（図 29 参照）。これによって、流れ

るにしたがってラジカル種のでき方を変化させる等、プラズマの状態に様々なバリエーションを付けることができ、処理レシピの豊富化を図ることができる。

各電極が、金属からなる本体と、この本体の少なくともプラズマ放電空間形成面に設けられた固体誘電体層とを備え、前記プラズマ放電空間形成面における固体誘電体層の厚さが、プラズマ放電空間の上流側と下流側とで異なってもよい。各電極が、金属からなる本体と、この本体の少なくともプラズマ放電空間形成面に設けられた固体誘電体層とを備え、2つの電極の本体どうし間の間隔が、プラズマ放電空間の上流側と下流側とで異なってもよい。

本発明の電極への電界印加又は接地の手段として、給電・接地用のピンを用いてもよく、被覆導線を電極に直接接続してもよい。

前者のピン構造においては、当該ピンが、先端面へ開口する軸孔を有して前記電極に引き抜き可能に埋め込まれた導電性のピン本体と、このピン本体と電氣的に導通するようにして前記軸孔に摺動可能に收容された導電性の芯部材と、前記軸孔に收容されて前記芯部材を軸孔の先端開口から押し出すように付勢するばねとを有していることが望ましい（図10参照）。これによって、ピンと電極を電氣的に確実に導通させることができる。また、給電ピンは、電極から引き抜き可能であるので、メンテナンスの際に障害となることはない。

後者の被覆導線構造においては、前記電極に導線用孔が形成され、この孔に被覆導線が差し入れられており、この被覆導線が、導体の線材を絶縁材で被覆してなり、しかも、前記線材における前記孔の奥側に位置する端末部分のみが絶縁材から露出されており、一方、前記電極には、前記導線用孔と略直交するようにネジが振じ込まれ、このネジが、前記線材の露出端末部分を前記導線用孔の内周面に押し付けていることが望ましい（図24）。これによって、導線端末を電極本体に確実に固定でき、電氣的に確実に導通させることができる。また、電極からの導線引き出し部分における異常放電を確実に防止することができる。メンテナンスの際は、前記ネジを緩めることによって導線を電極から簡単に引き抜くことができる。

前記第1特徴において、前記処理ヘッドは、第1、第2ガスの吹出し路が形成されるとともに基材と対向すべき基材対向部材を着脱自在に有していることが望

ましい（図9参照）。これによって、処理ヘッドの基材対向面等に膜（汚れ）が付着したとしても、基材対向部材だけを分離できる。そして、基材対向部材だけを例えば強酸等の薬液に漬けるなどして洗浄することができる。したがって、処理ヘッドの全体を洗浄工程に持って行く必要が無く、メンテナンスを容易化できる。また、基材対向部材のスペアを用意しておけば、上記のメンテナンス中でも表面処理を中断せずに行なうことができる。

なお、この基材対向部材の着脱構造それ自体は、本発明分野のプラズマ成膜に限らず、洗浄、エッチング、アッシング、表面改質等の他のプラズマ表面処理のヘッドにも敷衍して適用できる。リモート式プラズマ処理に限らずダイレクト式にも敷衍適用できる。さらには、熱CVD等のプラズマ以外の表面処理のヘッドにも敷衍適用できる。

前記対向部材着脱構造において、前記基材対向部材の基材と対向すべき面を下に向けた状態で基材対向部材の周縁部を載せるようにして支持する支持手段を備え、前記処理ヘッドの基材対向部材より上側部分が、一体をなして基材対向部材上に載置されていることが望ましい。さらには、前記支持手段が、前記処理ヘッドを上方へ取り出し可能に収容する枠形状をなし、下端部の内周縁に前記基材対向部材の周縁部を引っ掛ける内フランジが設けられていることが望ましい。これによって、メンテナンスに際して、処理ヘッドを引き上げるだけで、基材対向部材を分離できる。また、下向きの処理ヘッドが構成され、その下方に基材が配されることになる。

前記対向部材着脱構造において、前記処理ヘッドの基材対向部材より上側部分と前記支持手段とのうちの一方に、位置決め凸部が設けられ、他方に、前記位置決め凸部と上下に嵌め合わされる位置決め凹部が設けられていることが望ましい。これによって、処理ヘッドを支持手段に確実に位置決めすることができる。

前記支持手段が、下方へ開口する吸込み口を有して前記処理ヘッドを囲む吸込みダクトを一体に有していることが望ましい。これによって、処理済みガスが処理ヘッドと基材の間の空間に滞留するのを防止でき、スムーズに排出できる。ひいては基材対向材に汚れが付くのを低減でき、メンテナンスの頻度を減らすことができる。また、支持手段と吸込みダクトが、共通の部材で構成されるので、部

品点数の削減を図ることができる。

前記第1特徴において、前記処理ヘッドが、基材と対向すべき部材を有し、この基材対向部材が、前記第1、第2ガスの吹出し路が配された吹出し領域と、この吹出し領域から張出して成膜割合を稼ぐ張出し領域とを有し、この張出し領域に不活性ガス導入手段が接続されており、前記基材対向部材の張出し領域が、前記導入手段からの不活性ガスを基材対向面へ向けて浸透させ、しかもその浸透度ひいては基材対向面からのしみ出し度が前記処理ガスの基材対向面への接触を該処理ガスの流れを乱さずに阻止し得る程度のガス浸透性材料で構成されていることが望ましい（図34参照）。これによって、基材対向面の特に張出し領域に、不活性ガスの薄い層を形成することができ、基材対向面への膜付着を確実に防止することができる。加えて、処理ヘッドと基材との間の空間の処理ガス流を乱すことなく張出し領域に導きながら十分に成膜することができ、原料のロスを低減することができる。

前記ガス浸透性材料は、多孔質セラミックなどの多孔質材料であることが望ましい。これによって、前記の所望の浸透度ひいてはしみ出し度を簡単かつ確実に得ることができる。特に、多孔質セラミックで構成することにより、絶縁性をも確実に確保することができる。

前記基材対向部材の張出し領域における基材対向面とは逆側面に、前記ガス導入手段からの不活性ガスを一旦貯める溝が基材対向面へ向けて凹むように形成されていることが望ましい。これによって、張出し領域の基材対向部を薄肉にでき、その基材対向面に不活性ガスの膜を確実に形成でき、この面への膜付着を一層確実に防止することができる。

前記基材対向部材が、短手方向と長手方向を有し、各領域が長手方向に延びるとともに吹出し領域を挟んで短手方向の両側に張り出し領域が設けられており、両側の張出し領域の各々に、前記溝が長手方向に延びるようにして形成されていることが望ましい。これによって、広い範囲にわたって一度に効率的に成膜できるとともに、両張出し領域への膜付着を確実に防止できる。

前記基材対向部材の全体が、ガス浸透性材料で一体形成されており、前記溝の吹出し領域を向く内側面に、ガス浸透を阻止するガス浸透阻止部材が設けられて

いることが望ましい。これによって、吹出し領域においては処理ガス流が不活性ガスで乱されたり薄められたりするのを確実に防止でき、高品質の成膜を行なうことができる。

前記溝の深さ方向の中間部には、仕切りが設けられ、この仕切りが、前記ガス浸透性材料よりガスの通りが十分高いガス透過性を有するとともに、前記溝を、前記不活性ガス導入手段に連なる上段溝部と、基材対向面寄りの下段溝部とに仕切っていることが望ましい。これによって、不活性ガスを溝の内部で均一化できる。前記仕切りは、前記ガス浸透性材料より目の十分に粗い多孔板で構成されているのが望ましい。また、前記ガス浸透阻止部材は、上段溝部の吹出し領域を向く内側面にだけ設けるのが望ましい。下段溝部を上段溝部より大容積にするのが望ましい。前記ガス浸透阻止部材を上段溝部にだけ設けることによって、下段溝部を上段溝部より大容積にすることができる。

前記第1特徴において、前記第1流路の下流端と第2流路の下流端が互いに交わり、しかもこの交わり部が、第1、第2ガスの共通吹出し口となっていることが望ましい（図37参照）。これによって、各電極の対向面に膜が付着するのを防止できるだけでなく、第1ガスとプラズマ化された第2ガスを吹出しと同時に混合でき、拡散を待つことなく、活性種が失活しないうちに、十分な膜化反応を得ることができ、成膜効率を高めることができる。

この混合同時吹出し構造においては、前記第1流路と第2流路が鋭角に交わっていることが望ましい。これによって、第1、第2ガスを1つの流れになるように混合しながら基材に吹付けることができる。

前記混合同時吹出し構造において、前記処理ヘッドが、前記吹出し口が開口されるとともに基材に対向すべき面を有し、前記第1、第2流路のうちの一方の流路が、前記基材対向面に対し直交し、他方の流路が、前記基材対向面に対し斜めをなし前記一方の流路と鋭角に交わっていることが望ましい。これによって、一方のガスを基材に対し真向いから吹出すとともに他方のガスを斜めに合流させ1つの流れになるようにすることができる。

前記混合同時吹出し構造において、第2流路が、第1流路の中に置いて、この第1流路を挟むように、または囲むように配され、かつ下流端に向かうにしたが



って第1流路に近づき、吹出し口において互いに交わっていることが望ましい。これによって、第1ガスの両側または周囲に第2ガスを合流させることができる。ここで、「第2流路が第1流路を挟む」場合とは、第2流路が、第1流路の両側に2つ配されている場合である。「第2流路が第1流路を囲む」場合とは、第2流路が、第1流路の中に置いて下流に向かって第1流路に近づくように求心状に配置されている場合である。求心状の第2流路とは、第1流路を囲む環状断面をなし、下流に向かって縮径する構造になっていてもよく、第1流路を囲むように第1流路の周方向に間隔を置いて配置された複数の枝路で構成され、これら枝路が下流に向かって第1流路に近づく構造になっていてもよい。第1流路と第2流路の関係は、これと逆でもよい。すなわち、第1流路が、第2流路の中に置いて、この第2流路を挟むように、または囲むように配され、かつ下流端に向かうにしたがって第2流路に近づき、吹出し口において互いに交わっていてもよい。

前記混合同時吹出し構造において、前記処理ヘッドには、電界印加電極と接地電極が2つずつ設けられ、2つの電界印加電極が、互いに対向して間に前記第1流路が設けられるとともに、電界印加電極と接地電極が1つずつ対向して間に前記第2流路がそれぞれ形成され、さらに、1つの第1流路を挟んで2つの第2流路が下流端に向かうにしたがって第1流路へ近づくように配され、吹出し口においてこれら3つの通路が互いに交わっていることが望ましい。これによって、プラズマ化された第2ガスを第1ガスの両側から合流させることができる。

さらに、前記処理ヘッドが、前記吹出し口が開口されるとともに基材に対向すべき面を有し、この基材対向面に対し前記2つの電界印加電極間の第1流路が直交しており、前記2つの電界印加電極の各々が、前記第1流路を向く側とは逆側であって前記基材対向面に対し斜めをなす第1の面を有し、前記2つの接地電極の各々が、対応電界印加電極の前記第1面と平行に対向して間に前記第2流路を形成する第2面を有していることが望ましい。これによって、各電界印加電極を、接地電極を挟んで基材とは逆側に配置でき、電界印加電極から基材へのアーク放電を防止でき、確実に良好な成膜処理を行なうことができる。また、第1ガスを基材に対し真正面から吹出すとともにこの第1ガスの両側にプラズマ化された第2ガスを斜めに合流させ、1つの流れになるようにすることができる。

前記第 1 流路の両側に 2 つの第 2 流路が配置されている構造においては、前記 2 つの第 2 流路が、前記第 1 流路を挟んで対称をなしていることが望ましい。これによって、プラズマ化された第 2 ガスを第 1 ガスの両側から均等に合流させることができる。

前記接地電極が、前記基材対向面を有していることが望ましい。これによって、各電界印加電極から基材へのアーク放電を一層確実に防止できる。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係るプラズマ成膜装置の概略図である。

図 2 は、前記プラズマ成膜装置の処理ヘッドのガス均一化部の正面断面図である。

図 3 は、前記処理ヘッドのノズル部の正面断面図である。

図 4 は、前記ガス均一化部の長手方向に沿う側面断面図である。

図 5 は、図 3 の V-V 線に沿う前記ノズル部の側面断面図である。

図 6 は、図 3 の VI-VI 線に沿う前記ノズル部の左側部の平面断面図である。

図 7 は、前記処理ヘッドの底面図である。

図 8 は、前記処理ヘッドのガス吹出し部分の拡大図である。

図 9 は、メンテナンスに際して、処理ヘッドのヘッド本体とノズル先端構成部材とを分離する様子を示す正面断面図である。

図 10 は、前記ノズル部の給電ピンの詳細図である。

図 11 は、本発明の第 2 実施形態に係るプラズマ成膜装置における処理ヘッドのノズル部の正面断面図である。

図 12 は、前記第 2 実施形態の処理ヘッドの底面図である。

図 13 は、本発明の第 3 実施形態に係るプラズマ成膜装置における処理ヘッドの正面断面図である。

図 14 は、第 3 実施形態の変形態様を示す断面図である。

図 15 は、本発明の第 4 実施形態に係るプラズマ成膜装置における処理ヘッドのノズル部の正面断面図である。

図 16 は、図 15 の XVI-XVI 線に沿う前記ノズル部の側面断面図である。

図 1 7 は、図 1 5 の XVII-XVII 線に沿う前記ノズル部の平面断面図である。

図 1 8 は、第 4 実施形態の処理ヘッドの底面図である。

図 1 9 は、第 4 実施形態の電界印加電極の分解斜視図である。

図 2 0 は、第 4 実施形態のガス吹出し部分の拡大図である。

図 2 1 は、第 4 実施形態の接地電極構造の変形態様を示すガス吹出し部分の拡大図である。

図 2 2 は、本発明の第 5 実施形態に係るプラズマ成膜装置の概略構成図である。

図 2 3 は、本発明の第 6 実施形態に係るプラズマ成膜装置の概略構成図である。

図 2 4 は、電界印加電極と給電線の接続構造の変形態様を示す断面図である。

図 2 5 は、電極の誘電ケースの変形態様を示す分解斜視図である。

図 2 6 は、誘電ケースの他の変形態様を示す正面断面図である。

図 2 7 は、図 2 6 の誘電ケースの分解斜視図である。

図 2 8 は、誘電ケース付き電極構造の変形態様を示す斜視図である。

図 2 9 は、誘電ケース付き電極構造の他の変形態様を示す斜視図である。

図 3 0 は、ガス均一化部一体型誘電ケースを有する電極構造の正面断面図である。

図 3 1 は、図 3 0 の XXXI-XXXI 線に沿うガス均一化部一体型誘電ケースの側面図である。

図 3 2 は、ツリー状通路付き誘電ケースを有する電極構造の正面断面図である。

図 3 3 は、図 3 2 の XXXIII-XXXIII 線に沿うツリー状通路付き誘電ケースの側面図である。

図 3 4 は、本発明の第 7 実施形態に係る常圧プラズマ成膜装置の概略構成、及び該装置の処理ヘッドの正面断面を示す図である。

図 3 5 は、図 3 4 の XXXV-XXXV 線に沿う処理ヘッドのロアプレートの平面図である。

図 3 6 は、図 3 5 の XXXVI-XXXVI 線に沿う処理ヘッドのノズル部の側面断面

図である。

図 3 7 は、本発明の第 8 実施形態に係る常圧プラズマ成膜装置の概略構成、及び該装置の処理ヘッドの正面断面を示す図である。

図 3 8 は、図 3 7 の処理ヘッドのノズルの拡大断面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施形態を、図面を参照して説明する。

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る常圧プラズマ成膜装置 M 1 を示したものである。常圧プラズマ成膜装置 M 1 は、筐体 1 0 を含む架台（支持手段）と、この架台の筐体 1 0 に支持された処理ヘッド 3 と、この処理ヘッド 3 に接続された 2 種類の処理ガス源 1, 2 と電源 4 を備えている。処理ヘッド 3 の下方には、大面積の板状の基材 W（被処理物）が搬送手段（図示せず）によって左右方向に送られて来る。勿論、基材 W が固定されて処理ヘッド 3 が移動されるようになっていてもよい。常圧プラズマ成膜装置 M 1 は、この基材 W の上面に例えばアモルファスシリコン(a-Si) や窒化シリコン(SiN) 等の膜 A（図 8）を形成するようになっている。

2 種類の処理ガス源のうち原料ガス源 1（第 1 ガス源）には、前記アモルファスシリコン等の膜 A となる原料ガス（第 1 ガス、例えばシラン(SiH<sub>4</sub>)）が貯えられている。励起ガス源 2（第 2 ガス源）には、励起ガス（第 2 ガス、例えば水素や窒素）が貯えられている。励起ガスは、プラズマで励起されることにより、前記シラン等の原料を反応させてアモルファスシリコン等の膜 A を生成するものである。一方、励起ガスは、プラズマ励起によってそれ自体が単独で膜化される成分（膜原料）は含まれていない。各ガスは、液相で貯えられ、気化器にて気化されるようになっていてもよい。

原料ガスと励起ガスを総称して「処理ガス」という。

パルス電源 4（電界印加手段）は、前記電極 5 1 にパルス電圧を出力するようになっている。このパルスの立上がり時間及び／又は立下り時間は、10 μs 以下、パルス継続時間は、200 μs 以下、電界強度は 1～1000 kV/cm、周波数は 0.5 kHz 以上であることが望ましい。

処理ヘッド3を收容して支持する筐体10は、例えば側面視半円形状の左右の壁11と、これら壁11の下端部どうしを繋ぐ前後の低い壁12とを有して、平面視四角形状をなしている。処理ヘッド3の支持手段としての筐体10は、吸込みダクトを兼ねている。すなわち、図3、図6に示すように、筐体10の前後左右の壁11、12は中空になっている。これら中空部10bの下端部は、壁11、12の下端面に開口することによって処理ヘッド3の下端の外周を囲む吸込み口10aを形成している。図1に示すように、左右の壁11の上端部には、中空部10bに連なる開口11bがそれぞれ設けられている。これら上端開口11bから排気路13がそれぞれ延びている。排気路13は、互いに合流した後、真空ポンプ14（排気手段）に連なっている。

処理ヘッド3は、前後に長い略直方体形状をなし、前後左右の壁11、12に囲まれるようにして、筐体10に收容され支持されている。処理ヘッド3の支持構造について説明する。

図3及び図7に示すように、筐体10の左右の壁11の内壁面の下端縁には、内フランジ11dが設けられている。この内フランジ11dに、処理ヘッド3のロアフレーム24の左右部が引掛けられるようにして載せられている。図5及び図7に示すように、筐体10の前後の壁12にも、同様の内フランジ12dが設けられており、これにロアフレーム24の前後部が載せられている。

図1に示すように、前後の壁12の上端面には、逆三角形形状に凹む位置決め凹部12b（ヘッド支持部）が形成されている。一方、処理ヘッド3のサイドフレーム23には、逆三角形形状をなす位置決め用凸部23aが設けられている。位置決め凹部12bの上に、位置決め凸部23aが嵌め合わされている。これにより、処理ヘッド3が筐体10に位置決めされ、支持されている。

なお、位置決め凹部を処理ヘッド3に設け、位置決め凸部を筐体（支持手段）10に設けてもよい。

図1に示すように、処理ヘッド3は、ガス均一化部30とノズル部20とを上下に重ねることによって構成されている。上側のガス均一化部30には、ガス源1、2からのガスが導入される。ガス均一化部30は、このガスを処理ヘッド3の長手方向に均一化させて、下方のノズル部20へ供給するようになっている。

詳述すると、図 2 及び図 4 に示すように、ガス均一化部 30 は、前後に延びる複数の鋼製のプレート 31 ~ 38 を積層することによって構成されている。これらプレート 31 ~ 38 すなわちガス均一化部 30 には、仮想的に 3 つのガス流通領域 30 B, 30 A, 30 B が左右に分割設定されている。

図 1 に示すように、2 段目のプレート 32 の前端部（一端部）には、3 つのガスプラグ 32 P が、領域 30 B, 30 A, 30 B に対応して左右に並んで設けられている。中央の原料ガス流通領域 30 A のガスプラグ 32 P には、原料ガス管 1 a を介して原料ガス源 1 が接続されている。左右の励起ガス流通領域 30 B, 30 B のガスプラグ 32 P には、励起ガス管 2 a を介して励起ガス源 2 が接続されている。なお、励起ガス管 2 a は、励起ガス源 2 から 1 本の管の状態で延び、それが 2 つに分岐されて各領域 30 B, 30 B のガスプラグ 32 P に連なっている。

図 2 に示すように、2 段目から最下段までのプレート 32 ~ 38 には、領域 30 B, 30 A, 30 B ごとにガス均一化路 30 x が形成されている。これらガス均一化路 30 x は、互いに同一構成になっている。

図 2 及び図 4 に示すように、各領域 30 B, 30 A, 30 B のガス均一化路 30 x として、2 段目のプレート 32 には、前端部に前記ガスプラグ 32 P の接続されるインレットポート 32 b が形成されるとともに、このポート 32 b からプレート 32 の前後中央部まで延びる深い逆さ凹溝 32 a が下面に開口するように形成されている。

3 段目のプレート 33 の前後中央部には、逆さ凹溝 32 a に連なる左右一対の連通孔 33 a, 33 b が形成されている。

4 段目のプレート 34 には、前記連通孔 33 a に連なるとともに後方へ延びる条溝 34 a 及びこの条溝 34 a の終端（後端）から下面へ達する連通孔 34 c、並びに前記連通孔 33 b に連なるとともに前方へ延びる条溝 34 b 及びこの条溝 34 b の終端（前端）から下面へ達する連通孔 34 d が形成されている。

5 段目のプレート 35 には、前記連通孔 34 c に連なるとともに前後長手方向の略全長にわたって延びる条溝 35 a、及び前記連通孔 34 d に連なるとともに前後長手方向の略全長にわたって延びる条溝 35 b、並びに各条溝 35 a, 35

bから下面へ延びるとともに前後に等ピッチで並べられた多数の細孔（圧損形成路）35c, 35dが形成されている。

6段目のプレート36には、前記細孔35c, 35dに連なるとともに前後長手方向の略全長にわたって延びる幅広の条溝（膨張室）36a、及びこの条溝36aから下面へ延びるとともに前後に等ピッチで千鳥状に二列に並べられた多数の細孔（圧損形成路）36bが形成されている。

7段目のプレート37には、前記細孔36bに連なるとともに前後長手方向の略全長にわたって延びる幅広の条溝（膨張室）37a、及びこの条溝37aから下面へ延びるとともに前後に等ピッチで千鳥状に二列に並べられた多数の細孔（圧損形成路）37bが形成されている。

最下段のプレート38には、前記細孔37bに連なるとともに前後長手方向の略全長にわたって延びる幅広の貫通孔（膨張室）38aが形成されている。この貫通孔38aが、ガス均一化路30xの下流端を構成している。後述するように、貫通孔38aは、絶縁プレート27の誘導路27b, 27a, 27bに連通されている。

なお、最上段のプレート31には、各領域30B, 30A, 30Bのガス均一化路30xを加温するための薄肉細長状のプレートヒータ31Hが前後に延びるようにして收容されている。2段目から最下段までのプレート32～38には、領域30B, 30A, 30Bの境に沿ってスリット30sが形成されている。これによって、領域30B, 30A, 30Bごとに熱的に縁切り（遮断）されている。

図1及び図2において、符号39Sは、最上段と2段目のプレート31, 32を連結するボルトであり、符号39Lは、2段目から最下段までのプレート32～38を連結するボルトである。

次に、処理ヘッド3のノズル部20について説明する。図3に示すように、ノズル部20は、ノズルボディ21と、このノズルボディ21の内部に收容された電極ユニット50と、このユニット50上に被せられた絶縁プレート27と、ユニット50の下側に設けられた基材対向部材24, 25を備えている。図6に示すように、ノズルボディ21は、前後に長く延びる金属製の左右のサイドフレー

ム 2 2 と、これらサイドフレーム 2 2 の前後の端部どうし間に架け渡された絶縁樹脂製の前後のサイドフレーム 2 3 とを有して、前後に長い箱状をなしている。サイドフレーム 2 2 は、ボルト 2 6 A (図 3) によってガス均一化部 3 0 の最下段のプレート 3 8 に連結されている。

図 3 及び図 7 に示すように、基材対向部材の一要素を構成するロアフレーム 2 4 は、ステンレスやアルミ等の金属にて出来、前後に延びる長方形状をなしている。上述したように、ロアフレーム 2 4 は、筐体 1 0 の内フランジ 1 1 d, 1 2 d に引っ掛けられるようにして支持されている。ロアフレーム 2 4 上にサイドフレーム 2 2 が載置されている。なお、ロアフレーム 2 4 とサイドフレーム 2 2 は、単に接しているだけで連結されていないが、ボルトやフック等の簡易着脱機構を介して連結されていてもよい。

図 3 に示すように、ロアフレーム 2 4 の内周縁には、段差 2 4 a が形成されている。この段差 2 4 a に、基材対向部材の主要素を構成する長方形状のロアプレート 2 5 の周縁部が引っ掛けられるようにして載せられ、支持されている。ロアプレート 2 5 は、例えばアルミナ等のセラミック (誘電体、絶縁体) で構成されている。ロアプレート 2 5 の上面には、電極受容れ凹部 2 5 c が設けられている。この受容れ凹部 2 5 c に、上記電極ユニット 5 0 が嵌め込まれている。

図 3 及び図 5 に示すように、ロアプレート 2 5 の上面の受容れ凹部 2 5 c には、更に浅い凹部 2 5 d が設けられている。凹部 2 5 d は、幅広をなして前後に延びている。図 3 に示すように、ロアプレート 2 5 の左右中央部には、凹部 2 5 d から下面に達する吹出し路 2 5 a が形成されている。図 7 に示すように、吹出し路 2 5 a は、スリット状をなして前後に延びている。

図 3 に示すように、セラミック (絶縁体) からなる絶縁プレート 2 7 は、前記ガス均一化部 3 0 の最下段のプレート 3 8 と電極ユニット 5 0 とによって上下から挟持されている。絶縁プレート 2 7 には、前後長手方向の略全長にわたって延びる 3 つのガス誘導路 2 7 b, 2 7 a, 2 7 b が互いに左右に離れて形成されている。中央の原料ガス誘導路 2 7 a は、絶縁プレート 2 7 を垂直に貫通している。右側の励起ガス誘導路 2 7 b は、絶縁プレート 2 7 の上面から下に向かうにしたがって左方へ傾き、プレート 2 7 の下面へ達している。左側の励起ガス誘導路



27bは、絶縁プレート27の上面から下に向かうにしたがって右方へ傾き、プレート27の下面へ達している。

図3および図6に示すように、電極ユニット50は、4本（複数）の電極51、52からなる電極群と、左右一对のサイドプレート53と、前後一对のエンドプレート54とを備えている。各電極51、52は、アルミニウムやステンレス等の金属からなる本体56の表面にアーク防止の固体誘電体層59を設けることによって構成されている。金属本体56は、縦長の四角形断面をなして前後に長く延びている。固体誘電体層59は、セラミック等の誘電体にて構成され、金属本体56の後記流路50b側の面及び上下の面に溶射等で被膜されている。溶射膜59に代えて、ポリテトラフルオロエチレン等の樹脂製シートを金属本体56に貼り付けることにしてもよい。

4本の電極51、52は、互いに左右に平行に並べられている。

電極群において、中側の2本の電極51は、電界印加電極（第1電極）であり、左右両端（並び方向の両端）の2本の電極52は、接地電極（第2電極）である。したがって、電極群は、接地電極52、電界印加電極51、電界印加電極51、接地電極52の順に左右に並べることによって構成されている。

各電極51、52の内部には、温調用の冷却水等を通す温調路を形成してもよい。

電極ユニット50のサイドプレート53は、絶縁樹脂からなり、左右の接地電極52の背面（電極51との対向側とは逆側の面）に添えられ、電極群を左右から挟んでいる。サイドプレート53の背面に、サイドフレーム22から挿入されたボルト26が突き当てられている。これによって、電極ユニット50が、ノズルボディ21内に正確に位置決めされて保持されている。

電極ユニット50のエンドプレート54は、絶縁樹脂からなり、4本の電極51、52の長手方向の両端面に宛がわれ、電極群を前後から挟んでいる。

電極51、52の給電・接地構造を説明する。図6に示すように、中側の2本の電界印加電極51の例えば前端部（長手方向の一端部）には、給電ピン40がそれぞれ埋め込まれ、左右両端の2本の電極52の後端部（長手方向の他端部）には、給電ピン40と同構成の接地ピン40Aがそれぞれ埋め込まれている。

図 10 に示すように、電界印加電極 51 用の給電ピン 40 は、先端面に開口する軸孔 41 a が形成された軸状のピン本体 41 と、軸孔 41 a に收容された筒体 42 と、この筒体 42 内に摺動可能に收容された芯部材 43 とを備えている。ピン本体 41 と筒体 42 と芯部材 43 は、ステンレス等の導電性金属で構成され、内外の周面どうしが当接することによって電氣的に導通し合っている。

ピン本体 41 の先端部が、電界印加電極 51 の前端面に形成されたピン孔 56 a に引き抜き可能に挿し込まれている。これによって、ピン本体 41 と電極 51 とが導通している。筒体 42 には、コイルばね 44 (付勢手段) が收容されており、このコイルばね 44 によって芯部材 43 が先端方向すなわち軸孔 41 a から押し出される向きに付勢されている。これによって、芯部材 43 の先端部が、ピン孔 56 a の奥端面に強く押し付けられている。この結果、給電ピン 40 と電極本体 56 との導通状態が確実に維持されている。

ピン本体 41 の基端部 (頭部) には、絶縁体製の筒状ピンホルダ 45 A, 45 B が装着されている。ホルダ付きピン本体 41 の基端部は、エンドプレート 54 から突出し、前側のエンドプレート 54 とサイドフレーム 23 との間に配されている。図 5 に示すように、このピン本体 41 の基端部から、給電線 4 a が延び、前記パルス電源 4 に接続されている。

接地電極 52 用の接地ピン 40 A は、給電ピン 40 と同一構造になっている。図 6 に示すように、接地ピン 40 A の頭部は、後側のエンドプレート 54 から突出されている。この接地ピン 40 A の頭部に接地線 4 b が接続されている。接地線 4 b は、後側のサイドフレーム 23 の上面と絶縁プレート 27 との間を通過して処理ヘッド 3 の外へ引き出され、接地されている。

図 3 及び図 6 に示すように、隣り合う電極 51, 52 どうしの間には、処理ガスすなわち前記原料ガス又は励起ガスのための流路 50 a, 50 b が形成されている。

詳述すると、中側の同極性の電極 51, 51 どうしの間には、原料ガスのための流路 50 a が形成されている。左右両側の異極性の電極 52, 51 どうしの間には、励起ガスのための流路 50 b (プラズマ放電空間) がそれぞれ形成されている。したがって、左から励起ガス流路 50 b、原料ガス流路 50 a、励起ガス

流路 50b の順に配列されている。

電極ユニット 50 の前後のエンドプレート 54 には、絶縁樹脂からなる 3 つの板片状スペーサ 55 が設けられている。これら板片状スペーサ 55 が、各電極 51, 52 間に挿し入れられることにより、前記流路 50b, 50a, 50b の幅が確保されている。

図 3 に示すように、中央の流路 50a の上端部（上流端）は、前記絶縁プレート 27 の中央誘導路 27a を介してガス均一化部 30 の中央領域 30A のガス均一化路 30x にストレートに連なり、ひいては管 1a を介し原料ガス源 1 に連なっている。

各電界印加電極 51 の流路 50a 形成面は、上側が引っ込み、下側が突出し、中間に段差が形成されている。これによって、流路 50a は、上側が幅広で下側が幅狭になっている。

左右両側の流路 50b, 50b の上端部（上流端）は、絶縁プレート 27 の左右の誘導路 27b, 27b を介してガス均一化部 30 の左右領域 30B, 30B のガス均一化路 30x, 30x にそれぞれ連なり、ひいては管 2a を介し励起ガス源 2 に連なっている。

各接地電極 52 は、前記ロアプレート 25 の電極受容れ凹部 25c の上面に載せられている。一方、図 3 及び図 5 に示すように、各電界印加電極 51 は、ロアプレート 25 の凹部 25d の上方に離れて配されている。これによって、各電界印加電極 51 の下面とロアプレート 25 との間には、それぞれ隙間 20b が形成されている。

図 3 に示すように、これら左右の隙間 20b は、異極電極間の流路 50b を同極電極間の流路 50a に連ねる連通路となっている。すなわち、左側の連通路 20b の左端部（上流端）は、左側の異極電極間の流路 50b に連なり、右端部（下流端）は、同極電極間流路 50a の下端部（下流端）と交わっている。右側の連通路 20b の右端部（上流端）は、右側の異極電極間の流路 50b に連なり、左端部（下流端）は、同極電極間流路 50a の下流端と交わっている。

同極間流路 50a は、「第 1 流路」を構成し、異極間流路 50a と連通路 20b は、「第 2 流路」を構成している。

同極電極 5 1, 5 1 どうしは、「第 1 流路形成手段」を構成している。異極電極 5 1, 5 2 どうし及び電極 5 1 とロアプレート 2 5 どうしは、「第 2 流路形成手段」を構成している。

左右の連通路 2 0 b は、水平をなし、垂直な第 1 流路 5 0 a と直交している。左右の第 2 流路 5 0 b, 2 0 b どうしは、中央の第 1 流路 2 0 a を挟んで対称をなしている。

図 8 に拡大して示すように、3 つの流路 2 0 b, 5 0 a, 2 0 b どうしの交わり部（合流部） 2 0 c に、前記ロアプレート 2 5 の吹出し路 2 5 a が連なっている。この吹出し路 2 5 a は、原料ガスと励起ガスの共通の吹出し路となっており、その下流端（吹出し口）が、ロアプレート 2 5 の下面に開口している。吹出し路 2 5 a は、垂直な流路 5 0 a の真っ直ぐ下に配されている。

前記のように構成された常圧プラズマ成膜装置 M 1 の動作について説明する。

励起ガス源 2 からの水素等の励起ガス（第 2 ガス）が、ガス管 2 a を経て、処理ヘッド 3 の左右 2 つのプラグ 3 2 P から左右領域 3 0 B のガス均一化路 3 0 x にそれぞれ導入され、これら路 3 0 x によって前後長手方向に均一化される。この均一化された励起ガスが、左右の誘導路 2 7 b を経て左右の流路 5 0 b へそれぞれ導入される。

一方、パルス電源 4 からのパルス電圧が、電界印加電極 5 1 に供給され、異極電極 5 1, 5 2 どうし間にパルス電界が印加される。これによって、図 8 に示すように、左右の流路 5 0 b 内にグロー放電が発生し、励起ガスがプラズマ化（励起、活性化）される。このプラズマ化された励起ガスが、流路 5 0 b から連通路 2 0 b へ導かれ、交わり部 2 0 c へ向かって流れる。この励起ガス自体には、励起によってセラミック等の表面に付着、堆積するような成分は含まれていない。したがって、膜が、異極電極 5 1, 5 2 どうしの対向面や電極 5 1 の下面やロアプレート 2 5 の上面（第 2 流路形成面）に付着することはない。

前記励起ガスの流通と同時併行して、原料ガス源 1 からのシラン等の原料ガス（第 1 ガス）が、ガス管 1 a を経て、処理ヘッド 3 の中央のガスプラグ 3 2 P から中央領域 3 0 A のガス均一化路 3 0 x に導入されて前後長手方向に均一化された後、中央誘導路 2 7 a を経て中央の同極間流路 5 0 a へ導入される。2 つの電

界印加電極 5 1 にはそれぞれパルス電圧が供給されているが、これら同極電極 5 1, 5 1 間に電界が印加されることはないので、流路 5 0 a でプラズマ放電が起きることはない。したがって、原料ガスは、プラズマ化されることなくそのまま通過する。よって、同極電極 5 1 どちらの対向面（第 1 流路形成面）に膜が付着することはない。よって、4 本の電極 5 1, 5 2 のどこにも膜が付着することなく、電極 5 1, 5 2 のメンテナンスの手間を省くことができる。また、電極通過時の原料のロス無くすことができる。なお、原料ガスは、流路 5 0 a の途中から下側の狭くなっている部分で絞られ、圧が高まる。

中央の流路 5 0 a を通過した後の原料ガスは、左右の連通路 2 0 b との交わり部 2 0 c へ出る。また、左右の流路 5 0 b でプラズマ化された励起ガスが、それぞれ連通路 2 0 b を通って交わり部 2 0 c へ出る。これによって、原料ガスが、プラズマ化された励起ガス（活性種）に触れて分解や励起等の反応を起し、膜となるべきラジカルな反応生成物 p が生成される。

左右の通路 2 0 b から交わり部 2 0 c に入って来た励起ガス流は、原料ガスの流れに押されるようにして下に曲がる。これによって、励起ガスの多くは、吹出し路 2 5 a の右側の縁面と左側の縁面に添うようにして流れ、原料ガスの多くは、これら左右の励起ガス流の間に挟まれるようにして吹出し路 2 5 a の中側を通る。これによって、反応生成物 p が吹出し路 2 5 a の縁面にあまり触れないようにすることができる。したがって、吹出し路 2 5 a の縁面への膜付着を低減でき、原料ロスの一層の低減を図ることができる。管 1 a に第 1 ガス流量調節手段を設け、管 2 a に第 2 ガス流量調節手段を設け、第 1、第 2 ガスの流量をそれぞれ調節することにより、上記のような略層流状態を確実に得ることができる。

そして、処理ガス（励起ガスと原料ガス）が、略層流状態で吹出し路 2 5 a から吹き出される。これによって、反応生成物 p を、吹出し路 2 5 a の直下の基材 W の上面に当て、所望の膜 A を形成することができる。

前記ガス均一化部 3 0 によってガスが前後方向に均一化されているので、前後方向に均質な膜 A を一度に形成することができる。

その後、処理ガスは、吹出し路 2 5 a から離れるように処理ヘッド 3 と基材 W との間の空間内を左右 2 方向に流れていく。この時、励起ガスの多くは、上の処

理ヘッド3側に偏り、原料ガスの多くは、下の基材W側に偏る。これによって、反応生成物pが、ロアプレート25及びロアフレーム24の下面にあまり触れないようにすることができる。この結果、これら部材25、24への膜付着を低減でき、膜除去のメンテナンスを行なう頻度を減らすことができる。

処理済みのガスは、真空ポンプ14の駆動によって筐体10の吸い込み口10aから吸い込まれ、排出される。この真空ポンプ14の吸い込み圧等を調節することにより、励起ガスと原料ガスが上記の略層流状態に維持されるようにすることができ、処理ヘッド3への膜付着を一層確実に防止することができる。

たとえ、基材対向部材（ロアフレーム24やロアプレート25）に膜ができたとしても、図9に示すように、処理ヘッド3を引き上げて筐体10から出すと、基材対向部材24、25だけが、筐体10の内フランジ11d、12dに引掛けられた状態で取り残される。これにより、基材対向部材24、25を処理ヘッド3から極めて簡単に分離することができる。その後、基材対向部材24、25だけを例えば強酸等の薬液に漬ける等の洗浄工程を行ない、膜を除去する。処理ヘッド3の全体を洗浄工程に持って行く必要が無く、メンテナンスを容易化することができる。一方、スペアの基材対向部材24、25を用意しておき、これを前記装置M1に取り付けることにすれば、前記の洗浄工程中も成膜処理を中断することなく続行することができる。

常圧プラズマ成膜装置M1によれば、処理ヘッド3の一端部から給電線4aが引き出され、他端部から接地線4bが引き出されているので（図5及び図7）、これら線4a、4bがショートするおそれを防止できる。

また、給電・接地ピン40、40Aによって給電・接地線4a、4bと電極本体56とを電氣的に確実にかつ容易に接続することができる。給電・接地ピン40、40Aは、電極51、52ら簡単に取り外すことができるので、メンテナンスの際に障害となることはない。

さらに、2本の接地電極52が2本の電界印加電極51を挟むように左右外側に配置されているので、外部への電界の漏れを防止でき、処理ヘッド3全体の接地も容易である。

次に、本発明の他の実施形態を説明する。以下の実施形態において既述の実施形態と同様の構成に関しては図面に同一符号を付して説明を簡略化する。

図11及び図12は、本発明の第2実施形態を示したものである。第2実施形態では、第1、第2ガスの吹出し口が個別に形成されている。

詳述すると、図12に示すように、ロアプレート25には、前後に延びる3本のスリット状の個別吹出し路25b、25a、25bが平行をなして左右に等間隔で並んで形成されている。

図11に示すように、左側の吹出し路25bは、左側の異極電極52、51どうし間の流路50bの下方にストレートに連なっている。中央の吹出し路25aは、中央の同極電極51、51どうし間の流路50aの下方にストレートに連なっている。右側の吹出し路25bは、右側の異極51、52どうし間の流路50bの下方にストレートに連なっている。3つの吹出し路25b、25a、25bの下端部は、ロアプレート25の下面にそれぞれ開口している。中央の吹出し路25aの下端開口は、原料ガス（第1ガス）の吹出し口を構成し、左右の吹出し路25bの下端開口は、励起ガス（第2ガス）の吹出し口を構成している。

ロアプレート25の電極受容れ凹部25cには、前記第1実施形態における凹部25dが設けられておらず、受容れ凹部25c上に電界印加電極51が当接されている。したがって、第1実施形態の連通路20bは形成されていない。

中央の流路50aに導入された原料ガスは、そのまま吹出し路25aから吹出された後、ロアプレート25と基材Wとの間を左右2方向に分かれて流れる。一方、左右の流路50bに導入された励起ガスは、それぞれ異極電極51、52間の電界によりプラズマ化（励起、活性化）された後、左右の吹出し路25bから吹出される。この吹出し後の励起ガスに前記基材W上を流れて来た原料ガスが触れて反応が起きる。これによって、基材Wに膜Aが形成される。その後、励起ガスと原料ガスは、上下に重なる略層流状をなして吸込み口10aへ向けて流れ、排出される。

図13は、本発明の第3実施形態を示したものである。

第3実施形態では、処理ヘッド3の金属導体からなるノズルボディ20B内に、8つ（多数）の平板状の電極51、52からなる電極群が設けられている。こ

れら電極は、互いに平行をなし、左から等間隔置きに接地電極 5 2、電界印加電極 5 1、電界印加電極 5 1、接地電極 5 2、接地電極 5 2、電界印加電極 5 1、電界印加電極 5 1、接地電極 5 2の順に配列されている。これにより、異極電極間の第 2 流路（プラズマ放電空間）5 0 b と、同間電極間の第 1 流路 5 0 a が交互に配列されている。各第 1 流路 5 0 a には、原料ガス源（図示省略）からの原料ガス（第 1 ガス）が通され、各第 2 流路 5 0 b には、励起ガス源（図示省略）からの励起ガス（第 2 ガス）が通される。

電極群の並び方向の両端部の接地電極 5 2 は、背面がノズルボディ 2 0 B に添うように当てられ、このノズルボディ 2 0 B と電氣的に導通している。具体的図示は省略するが、中側の 2 つの接地電極 5 2 は、長手方向（図 1 3 の紙面と直交する方向）の両端部がノズルボディ 2 0 B に突き当てられ、このノズルボディ 2 0 B と電氣的に導通している。そして、ノズルボディ 2 0 B が接地線 4 b を介して接地されている。これにより、処理ヘッド 3 全体の接地を取ると同時に、接地電極 5 2 の接地を取ることができる。

なお、第 3 実施形態において、両外側の接地電極 5 2 をノズルボディ 2 0 B と一体に形成してもよい。すなわち、ノズルボディ 2 0 B が、両外側の接地電極 5 2 を兼ねていてもよい。

第 3 実施形態において、電極群の電極数は、8 つに限られず、3 つでもよく、5 つ～7 つでもよく、9 つ以上でもよい。これら電極は、第 2 ガスを通すべき異極対向空間（第 2 流路）と第 1 ガスを通すべき同極間空間（第 1 流路）とが交互に形成されるように並べる。すなわち、…第 2 電極、第 1 電極、第 1 電極、第 2 電極、第 2 電極、第 1 電極、第 1 電極、第 2 電極、第 2 電極、第 1 電極、第 1 電極、第 2 電極…の順に並べる。最も外側には、接地電極としての第 2 電極を配置するのが望ましい。電極数が全体で偶数のときは、第 1 電極と第 2 電極は同数であり、奇数のときは、第 2 電極が第 1 電極より 1 つ多くなる。最も外側とその 1 つ内側に同極の電極（接地電極が望ましい）を配置して、最も外側の対向空間に第 1 ガスを通すことにしてもよい。大面積の基材の全長に及ぶ長尺の第 1 及び第 2 電極を、前記の配置順にしたがって多数本、基材の全幅に行き亘るように配置し、基材全体を一度に成膜できるようにしてもよい。



更に、第1、第2流路が1つずつ交互に配列されていなくてもよく、少なくとも一方の流路が複数隣接し、これら隣接するひとかたまりの流路と他方の流路とが交互に並んでいてもよい。

図14は、そのような交互配列構造の変形態様を示したものである。当該態様の処理ヘッド3には、電極群が、第2電極52、第1電極51、第2電極52、第2電極52、第1電極51、第2電極52の順に並べられている。これによって、中央に第1流路50aが1つ配置され、その左右両側に第2流路50bが2つずつ配置されている。すなわち、2つ（複数）の第2流路50bと1つの第1流路50aが交互に並べられている。図14において、第2電極52の接地線の図示は省略してある。

図14の態様によれば、原料ガスと、プラズマ化された励起ガスとの反応領域を広く確保でき、原料ガスを十分に反応させて膜化させることができ、反応効率（収率）を高めることができる。また、プラズマ化された励起ガスを各第2流路50abからマイルドに吹出すことにより、略層流の状態を確実に作ることができる。

図15～図20は、本発明の第4実施形態を示したものである。

第4実施形態では、第1実施形態と同様に、中央の第1流路を挟んでその左右両側に第2流路が配され、これら3つの流路が互いに合流し、単一の共通吹出路25aに連なっている。第4実施形態は、接地電極の配置位置と、第2流路のプラズマ放電部分の場所とにおいて、第1実施形態と異なっている。

詳述すると、図15および図17に示すように、第4実施形態の処理ヘッド3では、第1実施形態（図3、図6）の各接地電極52の収容位置に、これに代えて、擬似電極スペーサ52Sが設けられている。擬似電極スペーサ52Sは、上記第1実施形態の接地電極52と実質的に同一の形状をなす一方、導電金属ではなくセラミック等の絶縁体（誘電体）にて構成されている。したがって、擬似電極スペーサ52Sと電界印加電極51との間の流路50bは、プラズマ放電空間とはならない。励起ガスは、プラズマ化されることなく流路50b内を通過することになる。

第4実施形態のロアプレート25は、処理ヘッド3の基材対向部材ないしは吹出し口構成部材としての機能だけでなく、接地電極の保持部材としての機能を有している。すなわち、図15および図18に示すように、ロアプレート25の下面には、共通吹出し路25aを挟んで一對の浅い収容凹部25eが前後に延びるようにして形成されている。これら収容凹部25eに、細長い薄肉の金属導体板からなる接地電極52Aがそれぞれ嵌め込まれている。これによって、接地電極52Aが、電界印加電極51の基材Wを向くべき側（下側）に対向配置されている。したがって、2つの電界印加電極51とロアプレート25との間の連通路20bが、それぞれプラズマ放電空間となる。

なお、図20に示すように、プラズマPLは、連通路20b内だけでなく、交わり部20cにはみ出すことになる。

アルミナ等の誘電体からなるロアプレート25において、金属製の接地電極52Aの上面に被せられた部分と、接地電極52Aの吹出し路25a側の端面に添う部分（すなわち吹出し路25a形成部分）とは、接地電極の固体誘電体層としての役目を担っている。

図20に示すように、左側の接地電極（金属本体）52Aの共通吹出し路25aを向く右側端面は、左側の電界印加電極51の金属本体56の同側端面（右側端面）と面一になっている。右側の接地電極（金属本体）52Aの共通吹出し路25aを向く左側端面は、右側の電界印加電極51の金属本体56の同側端面（左側端面）と面一になっている。なお、各接地電極52Aの共通吹出し路25a側の端面は、電界印加電極本体56の同側端面より左右に張り出してもよい。

図15に示すように、各接地電極52Aの前記共通吹出し路25a側とは逆側の端面は、電界印加電極本体56の背面より突出している。

図16に示すように、接地電極52Aの長手方向の両端縁は、金属導体からなるロアフレーム24と接している。ロアフレーム24の後端部（給電ピン40の配置側とは逆側）から接地線4bが延び、接地されている。

なお、接地電極52Aは、一枚の細長金属導体板に吹出し路25aとなるべきスリットを開穿することによって構成してもよい。

第4実施形態では、電極51の固体誘電体層構造においても第1実施形態と異なっている。

すなわち、図19に示すように、第4実施形態における電界印加電極51の固体誘電体層は、電極本体56に一体に溶射された溶射膜59（図3）に代えて、電極本体56とは別体をなすケース57にて構成されている。ケース57は、アルミナやガラス等のセラミック（誘電体）で形成されたケース本体57aと、これと同材質の蓋57bとを有し、前後に長く延びている。

ケース本体57aは、電極本体56と同形状の内部空間を有するとともに、背面（他方の電極51との対向側とは逆側の面）が開口されている。このケース本体57aの内部空間に電極本体56が取り出し可能に收容されるとともに、背面開口が蓋57bで塞がれている。これによって、電極本体56の全表面が、ケース57からなる固体誘電体層で覆われている。

蓋57bは、ケース本体57aに対し着脱可能になっている。

ケース本体57aの例えば前側の端板には、給電ピン40を挿通するための孔57cが形成されている。

各電界印加電極51のケース本体57aにおける他方の電極51と対向する側の板は、上側が薄く、下側が厚くなって、中間に段差が形成されている。これによって、一対の電極51間の流路50aは、上側が幅広で下側が幅狭になっている。

第4実施形態によれば、励起ガス源2からの励起ガスは、左右の流路50b、50bではプラズマ化されず、その先の連通路20b、20bにおいてプラズマ化（励起、活性化）される。励起ガスは、膜化成分を含んでいないため、電極51の下面やロアプレート25の上面（連通路20b形成面）に膜が付着することはない。

図20に示すように、左右の連通路20bでプラズマ化された励起ガスは、交わり部20cへ流れていく。また、原料ガス源1からの原料ガスが、中央の流路50aを通過して交わり部20cに入ってくる。これによって、膜原料がプラズマ化された励起ガスと反応を起こし、膜となるべき反応生成物pが発生する。それに加えて、原料ガスは、交わり部20cにはみ出したプラズマPLの内部をも通

過する。(原料ガスが、プラズマ放電空間をかすめる。)これによって、原料ガスを直接的にプラズマ化でき、より多くの反応生成物pを得ることができる。この結果、基材Wへの成膜効率を向上させることができる。

電界印加電極51と基材Wの間には、接地電極52A(接地された導電部材)が介在されているので、基材Wにアークが落ちるのを防止でき、基材Wが損傷するのを防止することができる。

しかも、接地電極52Aの共通吹出し路25aを向く側の端面が、電界印加電極本体56の同側端面と面一になっているので、電界が、接地電極52Aの共通吹出し路25a側端面より下方に漏れるのを防止でき、基材Wにアークが落ちるのを一層確実に防止できる。これによって、処理ヘッド3を基材Wに近接させることができ、これらの間の距離(ワーキングディスタンス)を十分に小さくでき、常圧下におけるラジカルの短小な失活距離(例えば2mm)より小さくすることができる。よって、反応生成物pが失活しないうちに基材Wに確実に到達させることができる。この結果、高速かつ確実に成膜を行なうことができる。

電界印加電極本体56は、全体が固体誘電体層としてのケース57に包まれているので、異常放電を一層確実に防止することができる。

電界印加電極51のケース57に膜が付着している場合には、ノズルボディ21から電極51を外し、分解する。分解に際して、給電ピン40は容易に引き抜くことができる。ケース本体57aから蓋57bを外せば電極本体56を簡単に取り出すことができる。膜はケース57にしか付かないので、例えば、ケース57だけ取り替えることにし、電極本体56は、新たなケースに入れ替える。これにより、電極本体56を何本も用意する必要がない。入れ替え作業も簡単である。一方、膜の付いたケース57については、それだけを強酸に漬ける等して、膜を除去する。これにより、再使用可能となり、資材の無駄を無くすることができる。ケース57は電極51ごとに別体になっているので、付着の状況に応じて、メンテナンス作業を互いに別個に行なうことができる。

擬似電極スペーサ52Sを、誘電体ではなく金属導体で構成して接地することにより、平板状電極52Aと共に接地電極部として用いることにしてもよい。そうすると、第2流路50b、20bの全体をプラズマ放電空間とすることができ

る。この場合の接地電極 5 2 S について、電界印加電極 5 1 と同様の誘電ケース収容構造にしてもよい。

第 2 実施形態（図 1 1）の個別吹出し構造において、4 つの電極 5 1, 5 2 の各々を誘電ケース収容構造にしてもよい。

図 2 1 は、第 4 実施形態において、接地電極構造の変形態様を示したものである。

この変形態様では、各接地電極（金属本体）5 2 A の共通吹出し路 2 5 a を向く側の端面が、電界印加電極 5 1 の金属本体 5 6 の同側端面より引っ込んでいる。ロアプレート 2 5 の共通吹出し路 2 5 a 形成面は、電界印加電極本体 5 6 の同側端面と略面一であるが、これに限定されるものではなく、接地電極 5 2 A の端面近くまで引っ込ませてもよい。すなわち、共通吹出し路 2 5 a の幅を、左右の接地電極 5 2 A の対向端面間の距離程度まで広げることにもよい。

この変形態様によれば、電界印加電極本体 5 6 と接地電極本体 5 2 A とのずれによって横方向電界が形成される。この横方向電界によって、プラズマ P L が、ロアプレート 2 5 の電極 5 2 A より張り出した部分 2 5 H の下側に回り込む。これによって、基材 W により近い場所で原料ガスの更なる反応を起こさせることができ、一層高速かつ確実に成膜を行なうことができる。

なお、接地電極本体 5 2 A の表面全体には、別途薄い誘電体 5 9 A がコーティングされている。これによって、異常放電のより一層の防止を図ることができる。

図 2 2 は、本発明の第 5 実施形態を示したものである。

第 5 実施形態の処理ヘッド 3 X は、金属導体からなる電界印加電極 5 1 X と、その下側（基材 W を向くべき側）に被さる金属導体からなる接地電極（接地された導電部材）5 2 X を有している。これら上下の電極 5 1 X, 5 2 X どうしの間に、セラミック等からなる固体誘電部材 2 8 が装填されている。固体誘電部材 2 8 は、2 つの電極 5 1 X, 5 2 X に共通の固体誘電体層になっている。この固体誘電部材 2 8 によって両電極 5 1 X, 5 2 X が絶縁されている。接地電極 5 2 X の中央部には、切欠部 5 2 b が形成され、この切欠部 5 2 b から固体誘電部材 2 8 の下面が露出されている。

接地電極 5 2 X の脇には、2 つの吹出しノズル 6 1, 6 2 の先端部が配置されている。原料ガス吹出しノズル 6 1 (第 1 流路形成手段) の基端部は、原料ガスパ管 1 a を介して原料ガス源 1 に連なり、励起ガス吹出しノズル 6 2 (第 2 流路形成手段) の基端部は、励起ガスパ管 2 a を介して励起ガス源 2 に連なっている。これらノズル 6 1, 6 2 の先端の吹出し軸は、接地電極 5 2 X と基材 W との間の空間に向かって斜めに配されている。しかも、励起ガス吹出しノズル 6 2 が、原料ガス吹出しノズル 6 1 より上側 (接地電極 5 2 X 寄り) に配されている。

第 5 実施形態によれば、励起ガスが、上側ノズル 6 2 から接地電極 5 2 X と基材 W との間の空間に吹出されると同時に、原料ガスが、下側ノズル 6 1 から同空間に吹出される。この時、励起ガスが上側に偏り、原料ガスが下側に偏った略層流が形成される。そして、上側の励起ガスが、切欠部 5 2 b の内部に流れ込む。

一方、パルス電源 4 のパルス電圧印加によって、前記の切欠部 5 2 b 内に横方向電界が生じる。これによって、切欠部 5 2 b の内部がプラズマ放電空間となり、そこへ流れ込んだ励起ガスが、プラズマ化 (励起、活性化) される。このプラズマ化された励起ガスに原料ガスが触れる。または、原料ガスがプラズマ放電空間 5 2 b をかすめる。これによって、基材 W の直近で原料ガスを反応させることができ、高速かつ確実に膜 A を形成することができる。励起ガス流が、プラズマ放電空間 5 2 b を通過後も原料ガス流より接地電極 5 2 X の側に来るようにできるので、接地電極 5 2 X の下面すなわち処理ヘッド 3 X の下面に膜が付着するのを防止ないしは抑制できる。

電界印加電極 5 1 X と基材 W の間には、接地電極 5 2 X (接地された導電部材) が介在されているので、基材 W にアークが落ちるのを防止でき、基材 W が損傷するのを防止することができる。

図 2 3 は、本発明の第 6 実施形態を示したものである。

第 6 実施形態の処理ヘッド 3 Y には、一對をなす電界印加電極 5 1 Y と接地電極 5 2 Y が、左右に離れて対向配置されている。これら電極 5 1 Y, 5 2 Y の間に、プラズマ放電空間となる第 2 流路 2 0 h が垂直に形成されている。励起ガス源 2 からの管 2 a が、第 2 流路 2 0 h の上端部 (上流端) に接続されている。

処理ヘッド 3 Y の下端部には、金属板からなる導電部材 2 9 が配置されている。導電部材 2 9 は、接地線 4 b を介して接地されている。導電部材 2 9 は、電界印加電極 5 1 Y の下側（基材 W を向くべき側）に被さっている。電界印加電極 5 1 Y と導電部材 2 9 の間には、両者を絶縁する絶縁部材 2 8 Y が装填されている。

接地電極 5 2 Y と導電部材 2 9 との間には、第 1 流路となる隙間 2 0 g が水平に形成されている。原料ガス源 1 からの管 1 a が、第 1 流路 2 0 g の右端部（上流端）に接続されている。第 1 流路 2 0 g の左端部（下流端）は、第 2 流路 2 0 h の下端部（下流端）と交わっている。導電部材 2 9 には、第 1、第 2 流路 2 0 g, 2 0 h どちらの交わり部 2 0 c から真下に延びる吹出し路 2 9 a が形成されている。吹出し路 2 9 a は、原料ガスと励起ガスの共通の吹出し路となっている。

第 6 実施形態においても、電極 5 1 Y, 5 2 Y のプラズマ放電空間形成面等に膜が付着するのを防止できるとともに、電界印加電極 5 1 Y から基材 W にアークが落ちるのを防止できる。

図 2 4 は、電極の給電・接地構造の変形態様を示したものである。給電線 4 a または接地線 4 b としての被覆導線 4 6 は、導体の線材 4 6 a を絶縁チューブ 4 6 b で被覆することによって構成されている。被覆導線 4 6 は、誘電ケース 5 7 の孔 5 7 d を通して電極本体 5 6 の孔 5 6 d に挿し入れられている。

被覆導線 4 6 の線材 4 6 a は、孔 5 6 d の奥側に位置する末端部分のみが絶縁チューブ 4 6 b から露出され、孔 5 6 d 内の手前側に位置する部分においては絶縁チューブ 4 6 b によって被覆されている。勿論、線材 4 6 a は、誘電ケース 5 7 の孔 5 7 d の内部に位置する部分やケース 5 7 の外側に位置する部分では、絶縁チューブ 4 6 b によって被覆されている。

電極本体 5 6 には、孔 5 7 d と略直交するようにしてネジ（ボルト） 4 7 が振じ込まれている。このネジ 4 7 によって、線材 4 6 a の露出した末端部分が、孔 5 7 d の奥端部の内周面に押え付けられている。

この構成によれば、導線 4 6 からの異常放電を確実に防止することができる。また、導線 4 6 の末端を電極本体 5 6 に確実に固定でき、電氣的に確実に導通さ

せることができる。さらに、誘電ケース 57 の取り替え等のメンテナンスの際は、ネジ 47 を緩めることによって導線 46 を電極 51 から簡単に取り外すことができる。

図 25 は、電極の固体誘電体層としての誘電ケースの変形態様を示したものである。

当該変形態様の誘電ケース 57 X では、ケース本体 57 a の開口が、図 19 態様の背面に代えて、長手方向の一端面に形成されている。この端面の開口から電極の金属本体 56 を差し入れるようになっている。ケース 57 X の蓋 57 b は、上記端面開口を塞ぐようになっている。

図 26 及び図 27 は、誘電ケースの他の変形態様を示したものである。この誘電ケース 58 の本体 58 X は、断面 L 字状をなす一对のピース 58 a, 58 b を組み合わせることによって構成されている。各ピース 58 a, 58 b の端縁には、爪 58 c, 58 d が形成されている。互いの爪 58 c, 58 d どうしを嵌め合わせることによって、長四角形状のケース本体 58 X が形成されている。このケース本体 58 X の長手方向の両端部に、開口 58 e がそれぞれ形成されている。これら開口 58 e には、それぞれ蓋 58 f が着脱可能に設けられている。

図 28 は、誘電ケースの他の変形態様を示したものである。この変形態様では、2 つ（複数）の電極の誘電ケースが一体に連なっている。言い換えると、2 つ（複数）の電極の金属本体 56 が、単一の共通誘電ケース 70 に收容されている。

共通誘電ケース 70 は、誘電体からなる 1 つのケース本体 71 と、誘電体からなる 2 つの蓋 74 を備えている。ケース本体 71 は、互いに平行をなして水平に長く延びる 2 つのケース本体部 72 と、これら本体部 72 の両端部（図 28 では紙面奥側のみ図示）間を連ねる連結部 73 とを有している。これら本体部 72 の互いの対向側とは逆側の背面は、開口されている。この背面開口から電極の金属本体 56 が本体部 72 の内部に挿入された後、背面開口が、蓋 74 によってそれぞれ塞がれるようになっている。



なお、ここでは、2つの電極の一方は、電源4に接続された電界印加電極であり、他方は、接地された接地電極であるが、これに限定されるものではなく、互いに同極性の電極であってもよい。

共通誘電ケース70の2つの本体部72の間には、流路70a（ここではプラズマ放電空間となる第2流路）が形成されている。流路70aは、本体部72と同方向に長く延びている。流路70aの上端開口（上流端）には、処理ガス（ここでは励起ガス）が長手方向に均一化されたうえで導入されるようになっている。流路70aの下端開口は、吹出し口となっている。

誘電ケース70は、第2流路形成手段を構成している。第1流路形成手段の図示は省略してある（図29～図33において同様）。

2つの本体部72における互いに対向する側板（すなわち2つの電極どうしの対向側の固体誘電体層）の上側部72cは相対的に薄く、下側部72dは相対的に厚くなっており、中間高さに段差72gが形成されている。これによって、第1実施形態（図3）の流路50a等と同様に、流路70aの上側は、幅広になり、下側は、幅狭になっている。

流路70aは、パルス電源4の電界印加によりプラズマ放電空間となる。このプラズマは、前記固体誘電体層としての上下の板部72c、72dの厚さの違いによって、段差72gより上側（上流側）で相対的に強くなり、下側（下流側）で相対的に弱くなる。このように、誘電ケースの板厚を変えることによって、プラズマの状態にバリエーションを持たせることができる。

なお、目的に応じて、固体誘電体層としての上下の板部72c、72dの厚さを逆にしてもよい。

図28の態様では、2つの電極の誘電ケースが一体化されているので、部品点数を少なくできる。また、2つの電極の組立ての手間が省け、電極相互の位置決めを簡単かつ正確に出来、流路70aの形状寸法の精度を高めることができる。

なお、第4実施形態及びその各種変形態様で開示した誘電ケース構造それ自体は、成膜に限らず、洗浄やエッチング等の他のプラズマ表面処理装置用の電極にも適用可能である。成膜の場合、原料ガスと励起ガスの混合ガス（例えばシランと水素の混合ガス）をプラズマ放電空間に導く従来方式の電極にも適用可能であ

る。(以下に述べる変形態様についても同様である。)従来の成膜方式に例えば図28態様の誘電ケース70を適用した場合、流路70aの上側部で水素のラジカル種生成が抑えられ、相対的にシランのラジカル種を多くすることができる。そして、流路70aの下側部では水素のラジカル種を増やすことができる。このようにして、流れるにしたがってラジカル種のでき方を変化させることができ、表面処理レシピの豊富化を図ることができる。

図29は、誘電ケースの他の変形態様を示したものである。この誘電ケース70Aは、2つのケース本体部72どうしの対向板72bが、下へ向かうにしたがって互いに近付くように斜めになっている。これによって、流路70aの流路断面積が、下へ向かうにしたがって連続的に狭くなっている。また、各ケース本体部72の内部空間が斜めになり、2つの電極本体56の対向面が下へ向かうにしたがって近付くように傾けられている。これによって、流路70a内の処理ガスの流速やプラズマ状態を流れ方向に沿って連続的に変化させることができ、表面処理レシピの豊富化を図ることができる。なお、目的に応じて、流路70aを流れ方向に沿って次第に拡開するように構成してもよい。

図30及び図31は、誘電ケースの他の変形態様を示したものである。左右の各電極の誘電ケース57は、第4実施形態のものと同様に、電極本体56を収容するケース本体57aと、その背面開口を塞ぐ蓋57bを有している。誘電ケース57は、長尺の電極本体56に合わせて前後に長く延びている(図31)。

各誘電ケース本体57aの上側には、ガス均一化部80が一体に設けられている。ガス均一化部80の下板とケース本体57aの上板は、共通の板84にて構成されている。ガス均一化部80には、水平な仕切り板83で仕切られた上下2つの半割り膨張室80a, 80bが形成されている。

左右一対のガス均一化部付き誘電ケース57は、互いに反転形状をなしている。これらガス均一化部付き誘電ケース57の対向縁どうしが、突き合わされている。これにより、双方の上側の半割り膨張室80aどうしが合わさって第1膨張室81が形成され、下側の半割り膨張室80bどうしが合わさって第2膨張室82が形成されている。これら膨張室81, 82は、ガス均一化部付き誘電ケース57ひいては電極の略全長にわたって延びるとともに、幅方向にも広がり、十分

に大きな容積を有している。上下の膨張室 8 1, 8 2 の容積は、互いに等しくなっているが異ならせてもよい。

一对のガス均一化部 8 0 の上板の対向縁どうしは、互いに当接されるとともに、長手方向の中央部には、処理ガス（ここでは励起ガス）の受容れ口 8 0 c が形成されている。

一对の仕切り板 8 3 の対向縁どうし間には、狭い隙間状の圧損形成路 8 0 d が形成されている。圧損形成路 8 0 d は、ガス均一化部付き誘電ケース 5 7 の略全長にわたって延びている。圧損形成路 8 0 d を介して上下の膨張室 8 1, 8 2 どうしが連なっている。

一对の板 8 4 の対向縁どうし間には、狭い隙間状の導入路 8 0 e が形成されている。導入路 8 0 e は、ガス均一化部付き誘電ケース 5 7 の略全長にわたって延びている。導入路 8 0 e を介して、第 2 膨張室 8 2 が、一对のケース本体 5 7 a 間の流路 5 0 b に連なっている。膨張室 8 1, 8 2 と路 8 0 d, 8 0 e によって「ガス均一化路」が構成されている。

処理ガスは、上端の受容れ口 8 0 c から第 1 膨張室 8 1 に導入されて膨張された後、圧損形成路 8 0 d で絞られて圧損を生じ、次に第 2 膨張室 8 2 に導入されて再び膨張される。更に、導入路 8 0 e で再び絞られて圧損を生じる。このように、膨張と絞りを交互に加えることにより、処理ガスを長手方向に十分に均一化させた後、電極間流路 5 0 a へ導入することができる。これにより、均一な処理を行なうことができる。

上記のガス均一化部一体型の誘電ケース構造によれば、部品点数を少なくすることができる。

なお、ガス均一化部の膨張室は、第 1、第 2 室 8 1, 8 2 の二段だけに限られず、3 段以上設けてもよい。膨張室どうしを連ねる圧損形成路 8 0 d は、上記スリット状に代えて、長手方向に並べられた多数のスポット状の孔にて構成してもよい。

図 3 2 及び図 3 3 は、誘電ケースの他の変形態様を示したものである。

各電極の誘電ケース 9 0 は、第 4 実施形態のものと同様に、電極本体 5 6 を収容するケース本体 9 1 と、その背面開口を塞ぐ蓋 9 2 を有している。図 3 3 に示

すように、誘電ケース 90 は、長尺の電極本体 56 に合わせて前後に長く延びている。

左右の各ケース本体 91 における他方の電極との対向面の上側部には、浅いツリー状の溝 91 a が形成され、下側部には、浅い凹部 91 b が形成されている。ツリー状溝 91 a は、ケース本体 91 の上端縁の中央部から出発して下方に向かってにしたがって長手方向に広がるように複数段階にわたって枝分かれしている。ツリー状溝 91 a の末端の多数の枝溝に、凹部 91 b が連なっている。凹部 91 b は、ケース本体 91 の略全長にわたって延びるとともにケース本体 91 の下端縁へ連なっている。

左右の誘電ケース 90 どうしは、互いに合掌状態で突き合されている。これにより、左右のツリー状溝 91 a どうしが合わさって、ツリー状のガス分散通路（ガス均一化路）90 a が形成され、凹部 91 b どうしが合わさってガス吹出し通路 90 b が形成されている。通路 90 b は、ケース 90 については電極本体 56 の略全長にわたって延び、ツリー状ガス分散通路 90 a の末端の全枝路に連なるとともに下方へ開口されている。これら通路 90 a, 90 b の略全体が、一对の電極本体 56 間に介在されている。

ツリー状通路 90 a の上端開口に導入された処理ガス（ここでは励起ガス）は、ツリー状通路 90 a によって長手方向に順次分流された後、通路 90 b へ導かれる。同時に、電源 4 によって一对の電極間に電界印加が印加される。これによって、処理ガスは、ツリー状通路 90 a での分流過程でも、吹出し通路 90 b の通過過程でもプラズマ化される。そして、吹出し通路 90 b の下端開口から吹出される。ツリー状通路 90 a と吹出し通路 90 b は、「第 2 流路のプラズマ放電空間」を構成している。

図 3.4 は、本発明の第 7 実施形態に係る常圧プラズマ成膜装置 M7 を示したものである。

常圧プラズマ成膜装置 M7 の処理ヘッド 3 Z は、上記第 1 実施形態等と同様に、ガス均一化部（図示省略）とノズル部 20 を上下に重ねることによって構成されている。

ノズル部20の下端部には、基材Wと対向すべきロアプレート101（基材対向部材）が設けられている。

図35に示すように、ロアプレート101は、前後に延びる平面視長方形の水平板状をなしている。ロアプレート101は、絶縁性かつ多孔質のセラミック（ガス浸透性材料）で構成されている。その気孔径は、例えば $10\mu\text{m}$ 程度、気孔率は例えば47%程度である。

図34および図35に示すように、ロアプレート101の幅方向（短手方向）は、4つの電極51, 52からなる電極群全体の左右の幅よりも大きく左右に張出している。ロアプレート101において、電極群に対応する幅方向の中央部が、吹出し領域 $101R_1$ となり、幅方向の両端部が、一对の張出し領域 $101R_2$ となっている。

図34～図36に示すように、ロアプレート101の吹出し領域 $101R_1$ の上面（基材Wとの対向面とは逆側）には、電極受容れ凹部25cが形成されている。この受容れ凹部25cに4つの電極51, 52の下端部が差し入れられている。ロアプレート101には、凹部25cの底から下面へ達するとともに前後に細長く延びる3条のスリット状吹出し路25b, 25a, 25bが左右に並んで形成されている。これら吹出し路25b, 25a, 25bが、対応する電極間流路50b, 50a, 50bにそれぞれ連なっている。

ロアプレート101の左右の張出し領域 $101R_2$ の上面には、前後に細長く延びる溝101bがそれぞれ形成されている。溝101bは、ロアプレート101の下面の近くまで深く凹んでいる。これによって、溝101bの部分では、ロアプレート101が薄肉になっている。

溝101bの深さ方向の中間部には、小さな段差101cが形成されている。この段差101cに、棒材102（ガス浸透阻止部材）とアングルプレート103（仕切り）とが引っ掛けられている。棒材102は、非多孔質セラミック（ガス浸透阻止材料）で構成され、断面四角形状をなして溝101bに沿って前後に延びている。この棒材102が、段差101cより上側の溝101b（後記溝部101d）の吹出し領域 $101R_1$ 側の内側面に押し当てられている。

アングルプレート103は、直径1mm程度の多数の小孔103aが密に形成

されたパンチングメタル（多孔板）で構成されている。アングルプレート103は、多孔質セラミック製のロアプレート101よりガスの透過性が十分に大きい。アングルプレート103は、断面L字状をなし、溝101bに沿って前後に細長く延びている。アングルプレート103の底辺部によって、溝101bが、上下二段の溝部101d、101eに仕切られている。下段溝部101eは、棒材102が無い分だけ上段溝部101dより幅広かつ大容積になっている。

なお、アングルプレート103において、棒材102に当てられる縦片部には、小孔103aが形成されていなくてもよい。この孔無し縦片部を溝部101dの吹出し領域101R<sub>1</sub>側面に直接当てることにし、棒材102を省くことにしてもよい。

ロアプレート101の左右の張出し領域101R<sub>2</sub>の上側には、電極ユニット50を左右から挟む一对の断面コ字状のサイドフレーム104が設けられている。このサイドフレーム104によって、上段溝部101dの上面開口が塞がれている。サイドフレーム104の下面には、上段溝部101dをシールするためのリング106が設けられている。

更に、一对のサイドフレーム104には、上段溝部101dに連通する不活性ガス導入パイプ105がそれぞれ設けられている。この不活性ガス導入パイプ105が、不活性ガス路5aを介して不活性ガス源5に連なっている。不活性ガス源5には、窒素などの不活性ガスが貯えられている。なお、不活性ガス導入パイプ105は、処理ヘッド3の前後に離れて2箇所設けられているが、これに限定されるものではなく、前後に離れて3箇所以上に設けられていてもよく、前後方向の中央の1箇所に設けられていてもよい。

不活性ガス源5と、不活性ガス路5aと、不活性ガス導入パイプ105と、溝部101dを塞ぐサイドフレーム104とによって、「不活性ガス導入手段」が構成されている。

第7実施形態の常圧プラズマ成膜装置M7によれば、図34に示すように、吹出し領域101R<sub>1</sub>を過ぎた処理ガス流aは、張出し領域101R<sub>2</sub>と基材Wとの間へ導かれていく。これによって、張出し領域101R<sub>2</sub>直下の基材Wにも膜Aを形成することができる。この結果、原料の成膜割合を稼ぎ、ロスを小さくす

ることができる。

前記の成膜操作と併行して、不活性ガス源 5 からの不活性ガスが、路 5 a 及びパイプ 105 を経て、上段溝部 101 d に導入される。その後、不活性ガスは、アングルプレート 103 の底辺部の多数の小孔 103 a を通る。この時、圧損が生じる。そして、下段溝部 101 e へ送られ、膨張する。これによって、不活性ガスを前後長手方向に均一化させることができる。

更に、不活性ガスは、下段溝部 101 e の内周面（底面及び左右の側面）から多孔質のロアプレート 101 の内部に浸透していく。そして、ロアプレート 101 の張出し領域 101 R<sub>2</sub> の下面から微量ずつしみ出す。これによって、張出し領域 101 R<sub>2</sub> の下面が、不活性ガスの薄い層 b で覆われる。この不活性ガス層 b によって、処理ガス流 a が、ロアプレート 101 の張出し領域 101 R<sub>2</sub> に直接接触れないようにすることができる。この結果、ロアプレート 101 の張出し領域 101 R<sub>2</sub> に膜が付着するのを防止することができる。特に、溝部 101 e の部分ではロアプレート 101 が非常に薄肉になっているので、その下方に不活性ガス層 b を確実に形成することができ、膜付着を確実に防止することができる。

一方、不活性ガスのしみ出し量が微量であるため、処理ガス流 a は、殆ど乱されることがない。これによって、張出し領域 101 R<sub>2</sub> 直下の基板 W への成膜を確実に行なうことができる。加えて、ロアプレート 101 への付着が無い分だけ基材 W への成膜量を増やすことができる。この結果、原料のロスを一層確実に小さくすることができ、成膜効率を一層高めることができる。

ところで、上段溝部 101 d における不活性ガスは、ガス浸透性の全く無い棒材 102 によって吹出し領域 101 R<sub>1</sub> 側への浸透を阻止される。これによって、吹出し領域 101 R<sub>1</sub> には、不活性ガス層 b が殆ど及ばないようにすることができる。したがって、吹出し領域 101 R<sub>1</sub> における活性種を多く含む処理ガス流 a は、不活性ガスで乱されたり薄められたりすることがない。これによって、吹出し領域 101 R<sub>1</sub> 直下の基材 W 上に作られる膜 A の品質を確実に良好にすることができる。一方、この吹出し領域 101 R<sub>1</sub> では、ノズルエンドピース 101 に膜が付着することはあまりないので、不活性ガス層 b が形成されていなくても支障がない。

なお、ロアプレート101の張出し領域101R<sub>2</sub>については、多孔質セラミックなどのガス浸透性材料で形成する一方、吹出し領域101R<sub>1</sub>については、非多孔質セラミックなどのガス浸透阻止材料で形成することにしてもよい。

吹出し領域101R<sub>1</sub>の構成部材と張出し領域101R<sub>2</sub>の構成部材を、別部材にしてもよい。張出し領域101R<sub>2</sub>の構成部材は、処理ヘッド用の水平架台（支持手段）によって構成してもよい。

本実施形態のガスしみ出し構造を、第1、第4実施形態等の共通吹出し路構造に適用してもよい。

図37は、本発明の第8実施形態に係る常圧プラズマ成膜装置M8を示したものである。

装置M8の処理ヘッド3Aのノズル部20は、前後（図37の紙面に対し直交方向）に延びるホルダ110と、その側部に設けられたサイドフレーム112と、これらの上面に被せられたアッパープレート113を有している。

アッパープレート113は、上下に重ねられた2枚のセラミック板にて構成されている。アッパープレート113上には、第1ガス整流部114が設けられている。第1ガス源（原料ガス源）1からの管1aが、第1ガス整流部114に接続されている。図示は簡略化するが、第1ガス整流部114のステンレス製本体114Xの内部には、前後に分散配置された多数の小孔や前後に延びるチャンバー等を上下に連ねてなる均一化路30xが設けられている。均一化路30xの下端部は、アッパープレート113の左右中央部に形成された前後細長スリット状の導入路113aに連なっている。第1ガス源1からの第1ガス（原料ガス）は、前記均一化路30xにて前後に均一化された後、導入路113aに導入されるようになっている。

処理ヘッド3Aのサイドフレーム112は、1枚の厚肉セラミック板112Uと、2枚のステンレスやアルミ等からなる金属板112M、112Lを上下に重ねることによって構成されている。セラミック板112Uの左右両側には、第2ガス受容れポート115が、前後に離れて複数（図面では1つだけ図示）設けられている。第2ガス源（励起ガス源）2からの管2aが、分岐して各受容れポート115に接続されている。セラミック板112Uとその下側の金属板112M



との間には、薄厚の隙間 1 1 2 a が形成され、この隙間 1 1 2 a の左右端部が、受容れポート 1 1 5 に連なっている。

処理ヘッド 3 A の電極ホルダ 1 1 0 は、セラミック等の絶縁部材にて構成されている。図 3 8 に拡大して示すように、このホルダ 1 1 0 によって左右 2 つの電界印加電極 5 1 が支持されている。

各電界印加電極 5 1 は、ステンレスやアルミ等の導体金属からなる本体 5 6 H と、この金属本体 5 6 H を收容するセラミック製の誘電ケース 5 7 とを有し、前後（図面の紙面直交方向）に延びている。電界印加電極本体 5 6 H の断面は、底面が左右中央（他方の電界印加電極 5 1 側）に向かって下に傾く斜面をなす略台形をなしている。電界印加電極本体 5 6 H のすべての角は、アーク放電防止のために R が付けられている。

誘電ケース 5 7 は、上面が開口されるとともに前後に細長い箱状をなすケース本体 5 7 a と、このケース本体 5 7 a の上面開口を塞ぐ蓋 5 7 b を有している。ケース本体 5 7 a の底板は、側板および蓋 5 7 b と比べ非常に薄くなっている。このケース本体 5 7 a の底板は、左右中央（他方の電界印加電極 5 1 側）に向かって下に傾いている。この傾斜した底板の内底に、台形状断面の金属本体 5 6 H の傾斜した底面が宛がわれている。

ケース本体 5 7 a 内の金属本体 5 6 H より上側には、セラミック製のスペーサ 1 3 5 が装填されている。

各電界印加電極 5 1 には、給電ピン 1 3 7 が設けられている。給電ピン 1 3 7 は、垂直をなして蓋 5 7 b とスペーサ 1 3 5 を貫通し、金属本体 5 6 H に埋入されている。給電ピン 1 3 7 の上端部は、ホルダ 1 1 0 の上面に形成された凹部 1 1 6 a に收容されている。図 3 7 に示すように、電源 4 から給電線 4 a が各給電ピン 1 3 7 の上端部に接続されている。なお、凹部 1 1 6 a の上端開口には、セラミック製のキャップ 1 1 7 が設けられている。

ホルダ 1 1 0 の左右対称をなす 2 つの電界印加電極 5 1 どうしの間には、第 1 ガスのための第 1 流路 5 0 a が設けられている。第 1 流路 5 0 a は、垂直をなし、電極 5 1 の全長にわたって前後（図面の紙面直交方向）に延びている。第 1 流路 5 0 a の上端部（上流端）は、ホルダ 1 1 0 を貫き、アッパープレート 1 1 3

の導入路 1 1 3 a の前後全長に連なっている。ひいては、整流部 1 1 4 の均一化路 3 0 x および管 1 a を介し、第 1 ガス源 1 に連なっている。

各電界印加電極 5 1 とホルダ 1 1 0 の第 1 流路側の面には、セラミック製のプレート 1 1 8 がそれぞれ宛がわれている。プレート 1 1 8 の上端部は、導入路 1 1 3 a の内面に及んでいる。一对のプレート 1 1 8 は、「第 1 流路形成手段」を構成している。

処理ヘッド 3 A には、各電界印加電極 5 1 の下側にそれと対をなす接地電極 5 2 が設けられている。左右の接地電極 5 2 どうしは、中央の第 1 流路 5 0 a を挟んで対称をなしている。各接地電極 5 2 は、ステンレスやアルミ等の導体金属からなる本体 5 6 E と、この金属本体 5 6 E の固体誘電体層としてのアルミナ等からなる薄く平らな板 3 4 とを有し、前後（図面の紙面直交方向）に延びている。

接地電極本体 5 6 E は、水平な底面（基材対向面）と、この底面に対し鋭角をなすように左右中央に向かって下に傾く斜面とを有し、断面台形状をなしている。左右の接地電極 5 2 の本体 5 6 E の底面どうしは、互いに面一をなしている。

図 3 7 に示すように、各接地電極本体 5 6 E は、左右外側の金属板 1 1 2 M, 1 1 2 L に連結されている。金属板 1 1 2 M, 1 1 2 L の外端面に接地ピン 1 3 8 が設けられている。この接地ピン 1 3 8 から接地線 4 b が延び、接地されている。これによって、接地電極 5 2 の接地がなされている。

台形断面をなす接地電極本体 5 6 E の斜面の傾斜角度は、それと対をなす上側の電界印加電極 5 1 の傾斜底部の傾斜角度と等しい。この接地電極本体 5 6 E の斜面上に、固体誘電体板 1 3 4 が宛がわれている。勿論、固体誘電体板 1 3 4 は、本体 5 6 E の斜面に沿ってそれと等角度で傾斜している。

電極 5 1, 5 2 によって「第 2 流路形成手段」が構成されている。すなわち、第 1 流路 5 0 a より左側において上下に対をなす電極 5 1, 5 2 どうし間と、第 1 流路 5 0 a より右側において上下に対をなす電極 5 1, 5 2 どうし間に、それぞれプラズマ放電空間となる第 2 流路 5 0 b が形成されている。具体的には、電界印加電極 5 1 のケース本体 5 7 a の傾斜した底面（第 1 面）と、その下側の接地電極 5 2 の固体誘電体板 1 3 4 の傾斜した表側面（第 2 面）との間の空間が、

第2流路50bとなっている。なお、各第2流路50bは、電極51、52の全長にわたって前後（図面の紙面直交方向）に延びている。

各第2流路50bの上端部（上流端）は、接地電極52の上面とホルダ110との間の水平な隙間154を介してサイドフレーム112の隙間112aの前後全長に連なっている。ひいては、受容れポート115および管2aを介し、第2ガス源2に連なっている。

左側の第2流路50bは、左側の電極51、52の傾斜面に対応して、下に向かうにしたがって右側に傾き第1流路50aに近づいている。右側の第2流路50bは、右側の電極51、52の傾斜面に対応して、下に向かうにしたがって左側に傾き第1流路50aに近づいている。左右の第2流路50bの傾斜角度は、垂直な第1流路50aを挟んで対称になっている。

左右の第2流路50bの下端部（下流端）は、第1流路50aの下端部（下流端）と一箇所で鋭角に交わっている。しかも、この3つの通路50b、50a、50bの交わり部が、直接、吹出し口50cになっている。吹出し口50cは、左右の接地電極52どうしで作る処理ヘッド3Aの底面に開口している。

第8実施形態の常圧プラズマ成膜装置M8によれば、第1ガス源1の第1ガスが、管1a、均一化路30x、導入路113aを順次経て、中央の第1流路50aに導入される。これと同時に併行して、第2ガス源2の第2ガスが、管2a、受容れポート115、隙間112a、154を順次経て、左右の第2流路50bにそれぞれ導入され、電界印加によりプラズマ化（励起、活性化）され、活性種が発生する。

このプラズマ化された第2ガスが、第2流路50bの下流端の吹出し口50cに達した時、第1流路50aからの第1ガスと合流する。合流によって第1ガスの膜原料が第2ガスの活性種と接触し反応を起こす。これら処理ガスは、合流と同時に、すなわち前記反応が起きると同時に、吹出し口50cから下方に吹出される。したがって、吹出し口50cに膜が付着することは殆どない。そして、処理ガスが、基材Wに吹付けられることにより、ポリシリコン（p-Si）等の成膜がなされる。

上述したように、第1ガスの膜原料とプラズマ化した第2ガスの活性種との接触は、第1、第2ガスがそれぞれ吹出し口50cに達して吹出されるのと同時に起きる。したがって、吹出し後の拡散を待つ必要がない。よって、活性種が殆ど失活しておらず、反応を十分に起こさせることができる。特に、活性種の寿命が短い常圧下での処理であっても、十分な反応を確保できる。この結果、良好な膜Aを得ることができ、成膜効率を高めることができる。また、反応性を高めるために基板Wを高温加熱しなくても済み、常温でも十分に成膜することができる。

垂直な第1流路50aに対し第2流路50bが鋭角に交差しているので、第1、第2ガスを1つの流れになるように混合しながら基板Wに確実に吹付けることができ、成膜効率をより高めることができる。

しかも、中央の第1流路50aを挟んで左右の第2流路50bが対称的に設けられているので、第1ガスの左右両側に第2ガスを均等に合流させて1つの流れし、基板Wに真正面に吹付けられるようにすることができ、成膜効率を一層高めることができる。

本発明は、前記実施形態に限定されるものではなく、本発明の精神を逸脱しない限り種々の改変をなすことができる。

電源（電界印加手段）として、第1、第2電極間に高周波電界を印加する高周波電源を用いてもよい。

略常圧環境での常圧プラズマ成膜に限らず、減圧下での低圧プラズマ成膜にも適用できる。

a-Si、p-Si、SiN、SiO<sub>2</sub>等、種々の種類の成膜に適用できるの言うまでもない。a-Siやp-Siを成膜する場合の第1ガスは、SiH<sub>4</sub>を用い、第2ガスは、H<sub>2</sub>を用いる。SiNを成膜する場合の第1ガスは、SiH<sub>4</sub>を用い、第2ガスは、N<sub>2</sub>を用いる。SiO<sub>2</sub>を成膜する場合の第1ガスは、TEOS又はTMOSを用い、第2ガスは、O<sub>2</sub>を用いる。

第1、第2、第7実施形態等の電極51、52を、第4実施形態（図19）やその変形態様（図25等）と同様の誘電ケース收容構造にしてもよい。

第4、第8実施形態等の電極51の固体誘電体層として、誘電ケース57に代えて、電極本体56の表面にセラミック等の誘電体を溶射等して被膜したり、テトラフルオロエチレン等の樹脂製シートを貼り付けたりしてもよい。

誘電ケース收容構造において、誘電ケースの蓋は、ケース本体に回転可能に連なっているもよい。給電・接地用のピンや被覆導線は、ケース本体ではなく、蓋を通して電極本体内に挿し込まれるようになっていてもよい。

電界印加電極は、筒状又は環状をなし、その内部空間が第1流路になっていてもよい。接地電極は、この筒状電界印加電極を同軸に收容する筒状又は環状をなし、これら電極間の環状空間が、第2流路になっていてもよい。

処理ヘッドの上方に基材が配置されるようになっていてもよい。その場合、基材対向部材は、処理ヘッドの上端部に載置するとよい。また、筐体10の吸込み口10aについても上方に向ける。この外筐10に処理ヘッド20をボルトやフック等の簡易着脱機構で固定するとよい。

第1流路は、2つの電界印加電極の間に設けたり電界印加電極によって形成したりするのに限られず、ノズル体や管等の専用の第1流路形成部材によって構成してもよい。

第8実施形態において、第2流路を基材対向面に対し垂直に配置し、第1流路を斜めに配置してもよい。第2流路を中央に1つ配し、その両側に2つの第1流路を配することにしてもよい。第1、第2流路および電極は、前後に直線状に延びている場合に限られず、例えば断面環状をなしていてもよい。電界印加電極と接地電極のうちの一方の電極の周りを他方の電極が環状をなして囲んでいてもよい。この場合、内側の電極の内部に第1流路を形成し、内外の電極間の環状空間を第2流路としてもよい。第1、第2流路の一方を中に置いて、他方の通路が、下流に向かって一方の通路に近づくように求心状に配置されていてもよい。

#### 産業上の利用の可能性

この発明は、例えば半導体基材へのプラズマCVDに利用することができる。

## 請求の範囲

1. プラズマの作用で基材の表面に膜を形成するプラズマ成膜装置において、
  - (A) 前記膜の原料を含む第1ガスの供給源と、
  - (B) プラズマ放電により前記原料を膜化可能な励起状態になる一方、自ら膜化する成分を含まない第2ガスの供給源と、
  - (C) 基材と対向されるべき処理ヘッドと、  
を備え、前記処理ヘッドには、
    - (a) 接地された接地電極と、
    - (b) 電源に接続されるとともに前記接地電極との間にプラズマ放電空間を形成する電界印加電極と、  
が設けられるとともに、
    - (c) 前記第1ガス供給源からの第1ガスを、前記プラズマ放電空間を避けるようにして、又は、かすめるようにして基材へ導く第1流路と、
    - (d) 前記プラズマ放電空間を含み、前記第2ガス供給源からの第2ガスを、前記プラズマ放電空間に通した後、前記第1ガスと接触させる第2流路と、  
が形成されていることを特徴とするプラズマ成膜装置。
2. 前記第1、第2流路どうしが、互いに合流して共通の吹出し路に連なり、この共通吹出し路が、前記処理ヘッドの基材と対向すべき面に開口されていることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ成膜装置。
3. 前記第1、第2流路のうち一方の流路が、前記共通吹出し路に真っ直ぐに連なり、他方の流路が、前記一方の流路と角度をなして交わっていることを特徴とする請求項2に記載のプラズマ成膜装置。
4. 前記処理ヘッドの基材と対向すべき面に前記第1、第2流路の下流端が互いに離れて開口し、それぞれ第1、第2ガスの個別の吹出し口を構成していることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ成膜装置。
5. 前記処理ヘッドには、同極性の電極が互いに隣接して2つ設けられており、これら同極性の電極の間に前記第1流路が形成されていることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ成膜装置。

6. 前記処理ヘッドには、前記電界印加電極と接地電極が2つずつ設けられ、2つの電界印加電極が、互いに隣接して間に前記第1流路を形成し、電界印加電極と接地電極が、1つずつ対向して間に前記プラズマ放電空間を形成していることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ成膜装置。

7. 前記4つの電極が、接地電極、電界印加電極、電界印加電極、接地電極の順に並べられ、これにより、2つのプラズマ放電空間ひいては第2流路が、1つの第1流路を挟んで両側に配されていることを特徴とする請求項6に記載のプラズマ成膜装置。

8. 前記処理ヘッドが、前記電極の基材を向くべき面に被さる基材対向部材を有し、この基材対向部材には、前記3つの流路の個別の吹出し路が並んで形成されていることを特徴とする請求項7に記載のプラズマ成膜装置。

9. 前記処理ヘッドが、前記電極の基材を向くべき面に被さる基材対向部材を有し、この基材対向部材と各電界印加電極の間に前記第2流路の一部として連通路が形成され、この連通路を介してプラズマ放電空間と第1流路が連通され、前記基材対向部材には、第1、第2ガスの共通の吹出し路が、前記第1流路と連通路の交わり部に連なるようにして形成されていることを特徴とする請求項7に記載のプラズマ成膜装置。

10. 前記処理ヘッドには、複数の電界印加電極と複数の接地電極が設けられ、これら電極が、同極性の電極どうし間に形成された第1流路と、異極性の電極どうし間に形成されたプラズマ放電空間すなわち第2流路とが交互に配置されるようにして並べられていることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ成膜装置。

11. 前記並び方向の両端部に位置する電極が、接地電極であることを特徴とする請求項10に記載のプラズマ成膜装置。

12. 前記電界印加電極と接地電極が、これら電極の対向方向と直交する向きに延び、これら電極間のプラズマ放電空間の上流端が、前記対向方向及び延び方向と直交する第1方向の一端部に設けられ、下流端が、前記第1方向の他端部に設けられていることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ成膜装置。

13. 前記電界印加電極の長手方向の一端部に前記電界印加手段への給電線が接続され、前記接地電極の長手方向の他端部に接地線が接続されていることを特徴

とする請求項 1 2 に記載のプラズマ成膜装置。

1 4. 前記処理ヘッドにおいて、前記接地電極が、前記電界印加電極の基材を向くべき側に対向配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ成膜装置。

1 5. 前記処理ヘッドが、前記電界印加電極の基材を向くべき面に被さる基材対向部材を有し、この基材対向部材に前記接地電極が設けられていることを特徴とする請求項 1 4 に記載のプラズマ成膜装置。

1 6. 前記電界印加電極と基材対向部材の間に隙間が形成され、この隙間が前記プラズマ放電空間を含む第 2 流路となっていることを特徴とする請求項 1 5 に記載のプラズマ成膜装置。

1 7. 前記プラズマ放電空間が、前記第 1 流路と直接に交わり、前記基材対向部材には、第 1、第 2 ガスの共通の吹出し路が、前記交わり部に連なるようにして形成されていることを特徴とする請求項 1 6 に記載のプラズマ成膜装置。

1 8. 前記基材対向部材が、セラミックにて構成され、その基材を向くべき面すなわち電界印加電極側とは逆側の面には、前記接地電極のための收容凹部が形成され、この收容凹部の形成部分が、前記接地電極の金属本体に被さる固体誘電体層として提供されていることを特徴とする請求項 1 5 に記載のプラズマ成膜装置。

1 9. 前記接地電極の金属本体の前記共通吹出し路を向く側の端面が、前記電界印加電極の金属本体の同側端面と略面一またはそれより張り出していることを特徴とする請求項 1 7 に記載のプラズマ成膜装置。

2 0. 前記接地電極の金属本体の前記共通吹出し路を向く側の端面が、前記電界印加電極の金属本体の同側端面より引っ込んでいることを特徴とする請求項 1 7 に記載のプラズマ成膜装置。

2 1. 前記処理ヘッドには、接地された導電部材が、前記電界印加電極の基材を向くべき側に被さるように設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ成膜装置。



22. 前記導電部材が、電界印加電極との間にプラズマ放電空間を形成し、前記接地電極として提供されていることを特徴とする請求項21に記載のプラズマ成膜装置。

23. 前記導電部材と電界印加電極の間に、両者を絶縁する絶縁部材が装填されていることを特徴とする請求項21に記載のプラズマ成膜装置。

24. 前記処理ヘッドには、基材対向面の周縁部を囲む吸込み口を有する吸込みダクトが付設されていることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ成膜装置。

25. プラズマの作用で基材の表面に膜を形成するプラズマ成膜装置において、  
前記膜の原料を含む第1ガスの供給源と、

プラズマ放電により前記原料を膜化可能な励起状態になる一方、自ら膜化する成分を含まない第2ガスの供給源と、

接地された接地電極と、

電源に接続されるとともに前記接地電極と対向してプラズマ放電空間を形成する電界印加電極と、

前記第1ガス供給源からの第1ガスを、前記プラズマ放電空間を避けるようにして、又は、かすめるようにして流し基材へ吹付ける第1流路形成手段と、

前記第2ガス供給源からの第2ガスを、前記プラズマ放電空間を経るように流し前記第1ガスと接触させる第2流路形成手段と、

を備えたことを特徴とするプラズマ成膜装置。

26. 前記電界印加電極が、第1ガスを通す流路を形成する面を有して前記第1流路形成手段として提供されていることを特徴とする請求項25に記載のプラズマ成膜装置。

27. 前記電界印加電極と接地電極が、間に前記第2ガスを通す第2流路ひいてはプラズマ放電空間を形成することにより前記第2流路形成手段として提供されていることを特徴とする請求項25に記載のプラズマ成膜装置。

28. 前記接地電極が、前記電界印加電極の基材を向くべき側に誘電部材を挟んで配置されるとともに、この接地電極の一部に、前記誘電部材を露出させる切欠部が形成され、この切欠部内が前記プラズマ放電空間となっており、

前記第 2 流路形成手段が、第 2 ガスを接地電極に添うように吹出し前記切欠部に入り込ませ、

前記第 1 流路形成手段が、第 1 ガスを第 2 ガスより接地電極とは逆側において第 2 ガスと層流をなすように吹出すことを特徴とする請求項 25 に記載のプラズマ成膜装置。

29. 前記電極が、金属からなる本体と、この本体を収容する固体誘電体からなる誘電ケースとを備えていることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ成膜装置。

30. 前記誘電ケースが、一面が開口された内部空間に前記電極本体を取り出し可能に収容するケース本体と、前記開口を塞ぐ蓋とを有していることを特徴とする請求項 29 に記載のプラズマ成膜装置。

31. 前記電界印加電極の誘電ケースと前記接地電極の誘電ケースとの間に、前記第 2 流路のプラズマ放電空間が形成されていることを特徴とする請求項 29 に記載のプラズマ成膜装置。

32. 前記同極性の電極の各々が、金属からなる本体と、この本体を収容する固体誘電体からなる誘電ケースとを備え、これら電極の誘電ケースどうしが、互いに対向して間に前記第 1 流路を形成していることを特徴とする請求項 7 に記載のプラズマ成膜装置。

33. 各電極の誘電ケースが、互いに別体になっていることを特徴とする請求項 29 または 32 に記載のプラズマ成膜装置。

34. 複数の電極の誘電ケースどうしが一体に連なっていることを特徴とする請求項 29 または 32 に記載のプラズマ成膜装置。

35. 各電極ひいてはその誘電ケースが、他の電極との対向方向と直交する向きに延びており、前記誘電ケースが、他の電極との間の流路に導入されるガスを前記延び方向に均一に拡散させるガス均一化部を一体に有していることを特徴とする請求項 29 に記載のプラズマ成膜装置。

36. 前記誘電ケースにおけるプラズマ放電空間を形成する側の板部の厚さが、プラズマ放電空間の上流側と下流側とで異なっていることを特徴とする請求項 29 に記載のプラズマ成膜装置。

37. 前記一体をなす誘電ケースには、プラズマ放電空間となる第2流路が形成され、この流路を挟んで両側に金属本体がそれぞれ收容されており、これら金属本体どうしの間隔が、これらの間のプラズマ放電空間の上流側と下流側とで異なっていることを特徴とする請求項34に記載のプラズマ成膜装置。

38. 前記電極への電界印加用又は接地用のピンを備え、前記ピンが、先端面へ開口する軸孔を有して前記電極に引き抜き可能に埋め込まれた導電性のピン本体と、このピン本体と電氣的に導通するようにして前記軸孔に摺動可能に收容された導電性の芯部材と、前記軸孔に收容されて前記芯部材を軸孔の先端開口から押し出すように付勢するばねとを有していることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ成膜装置。

39. 前記電極に導線用孔が形成され、この孔に電界印加用又は接地用の被覆導線が差し入れられており、この被覆導線が、導体の線材を絶縁材で被覆してなり、しかも、前記線材における前記孔の奥側に位置する端末部分のみが絶縁材から露出されており、一方、前記電極には、前記導線用孔と略直交するようにネジが振じ込まれ、このネジが、前記線材の露出端末部分を前記導線用孔の内周面に押し付けていることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ成膜装置。

40. 前記処理ヘッドは、第1、第2ガスの吹出し路が形成されるとともに基材と対向すべき基材対向部材を着脱自在に有していることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ成膜装置。

41. 前記基材対向部材の基材と対向すべき面を下に向けた状態で基材対向部材の周縁部を載せるようにして支持する支持手段を備え、前記処理ヘッドの基材対向部材より上側部分が、一体をなして基材対向部材上に載置されていることを特徴とする請求項40に記載のプラズマ成膜装置。

42. 前記支持手段が、前記処理ヘッドを上方へ取り出し可能に收容する枠形状をなし、下端部の内周縁に前記基材対向部材の周縁部を引っ掛ける内フランジが設けられていることを特徴とする請求項41に記載のプラズマ成膜装置。

43. 前記処理ヘッドの基材対向部材より上側部分と前記支持手段とのうちの一方に、位置決め凸部が設けられ、他方に、前記位置決め凸部と上下に嵌め合わさ

れる位置決め凹部が設けられていることを特徴とする請求項 4 2 に記載のプラズマ成膜装置。

4 4. 前記支持手段が、下方へ開口する吸込み口を有して前記処理ヘッドを囲む吸込みダクトを一体に有していることを特徴とする請求項 4 1 に記載のプラズマ成膜装置。

4 5. 前記処理ヘッドが、基材と対向すべき部材を有し、この基材対向部材が、前記第 1、第 2 ガスの吹出し路が配された吹出し領域と、この吹出し領域から張出して成膜割合を稼ぐ張出し領域とを有し、この張出し領域に不活性ガス導入手段が接続されており、

前記基材対向部材の張出し領域が、前記導入手段からの不活性ガスを基材対向面へ向けて浸透させ、しかもその浸透度ひいては基材対向面からのしみ出し度が前記処理ガスの基材対向面への接触を該処理ガスの流れを乱さずに阻止し得る程度のガス浸透性材料で構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ成膜装置。

4 6. 前記ガス浸透性材料が、多孔質であることを特徴とする請求項 4 5 に記載のプラズマ成膜装置。

4 7. 前記ガス浸透性材料が、多孔質セラミックであることを特徴とする請求項 4 5 に記載のプラズマ成膜装置。

4 8. 前記基材対向部材の張出し領域における基材対向面とは逆側面に、前記ガス導入手段からの不活性ガスを一旦貯める溝が基材対向面へ向けて凹むように形成されていることを特徴とする請求項 4 5 に記載のプラズマ成膜装置。

4 9. 前記基材対向部材が、短手方向と長手方向を有し、各領域が長手方向に延びるとともに吹出し領域を挟んで短手方向の両側に張り出し領域が設けられており、両側の張出し領域の各々に、前記溝が長手方向に延びるようにして形成されていることを特徴とする請求項 4 8 に記載のプラズマ成膜装置。

5 0. 前記基材対向部材の全体が、ガス浸透性材料で一体形成されており、前記溝の吹出し領域を向く内側面に、ガス浸透を阻止するガス浸透阻止部材が設けられていることを特徴とする請求項 4 8 に記載のプラズマ成膜装置。

5 1. 前記溝の深さ方向の中間部には、仕切りが設けられ、この仕切りが、前記

ガス浸透性材料よりガスの通りが十分高いガス透過性を有するとともに、前記溝を、前記不活性ガス導入手段に連なる上段溝部と、基材対向面寄りの下段溝部とに仕切っていることを特徴とする請求項 4 8 に記載のプラズマ成膜装置。

5 2. 前記第 1 流路の下流端と第 2 流路の下流端が互いに交わり、しかもこの交わり部が、第 1、第 2 ガスの共通吹出し口となっていることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ成膜装置。

5 3. 前記第 1 流路と第 2 流路が鋭角に交わっていることを特徴とする請求項 5 2 に記載のプラズマ成膜装置。

5 4. 前記処理ヘッドが、前記吹出し口が開口されるとともに基材に対向すべき面を有し、

前記第 1、第 2 流路のうち一方の流路が、前記基材対向面に対し直交し、他方の流路が、前記基材対向面に対し斜めをなし前記一方の流路と鋭角に交わっていることを特徴とする請求項 5 3 に記載のプラズマ成膜装置。

5 5. 前記第 1、第 2 流路のうち一方の流路を中に置いて、他方の流路が、前記一方の流路を挟むように、または囲むように配され、かつ下流端に向かうにしたがって前記一方の流路に近づき、吹出し口において互いに交わっていることを特徴とする請求項 5 2 に記載のプラズマ成膜装置。

5 6. 前記処理ヘッドには、電界印加電極と接地電極が 2 つずつ設けられ、2 つの電界印加電極が、互に対向して間に前記第 1 流路が設けられるとともに、電界印加電極と接地電極が 1 つずつ対向して間に前記第 2 流路がそれぞれ形成され、さらに、1 つの第 1 流路を挟んで 2 つの第 2 流路が下流端に向かうにしたがって第 1 流路へ近づくように配され、吹出し口においてこれら 3 つの通路が互いに交わっていることを特徴とする請求項 5 2 に記載のプラズマ成膜装置。

5 7. 前記処理ヘッドが、前記吹出し口が開口されるとともに基材に対向すべき面を有し、

この基材対向面に対し前記 2 つの電界印加電極間の第 1 流路が直交しており、前記 2 つの電界印加電極の各々が、前記第 1 流路を向く側とは逆側であって前記基材対向面に対し斜めをなす第 1 の面を有し、

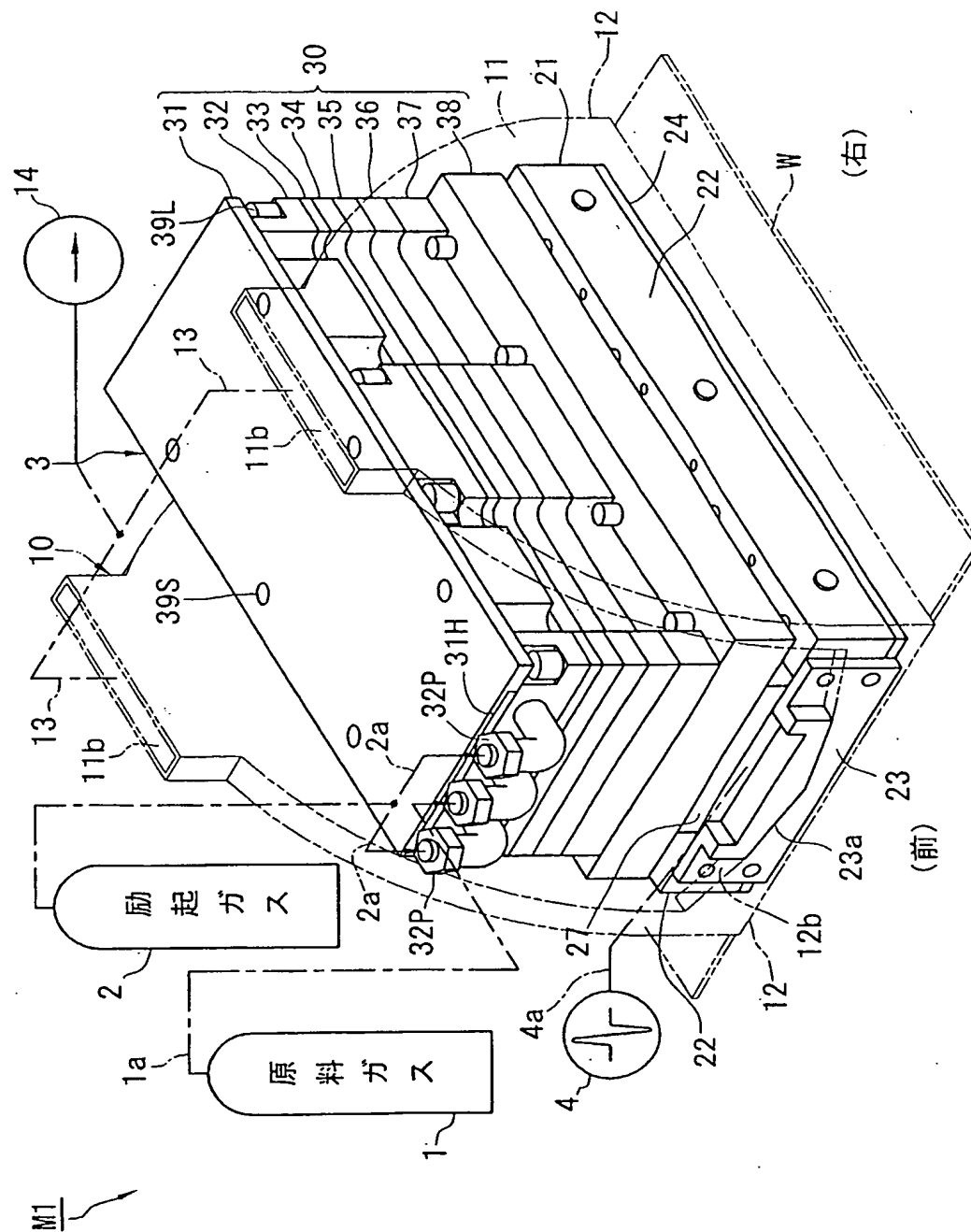
前記 2 つの接地電極の各々が、対応電界印加電極の前記第 1 面と平行に対向して間に前記第 2 流路を形成する第 2 面を有していることを特徴とする請求項 5 6 に記載のプラズマ成膜装置。

5 8. 前記 2 つの第 2 流路が、前記第 1 流路を挟んで対称をなしていることを特徴とする請求項 6 または 5 7 に記載のプラズマ成膜装置。

5 9. 前記接地電極が、前記基材対向面を有していることを特徴とする請求項 1 4 または 5 4 に記載のプラズマ成膜装置。

1/38

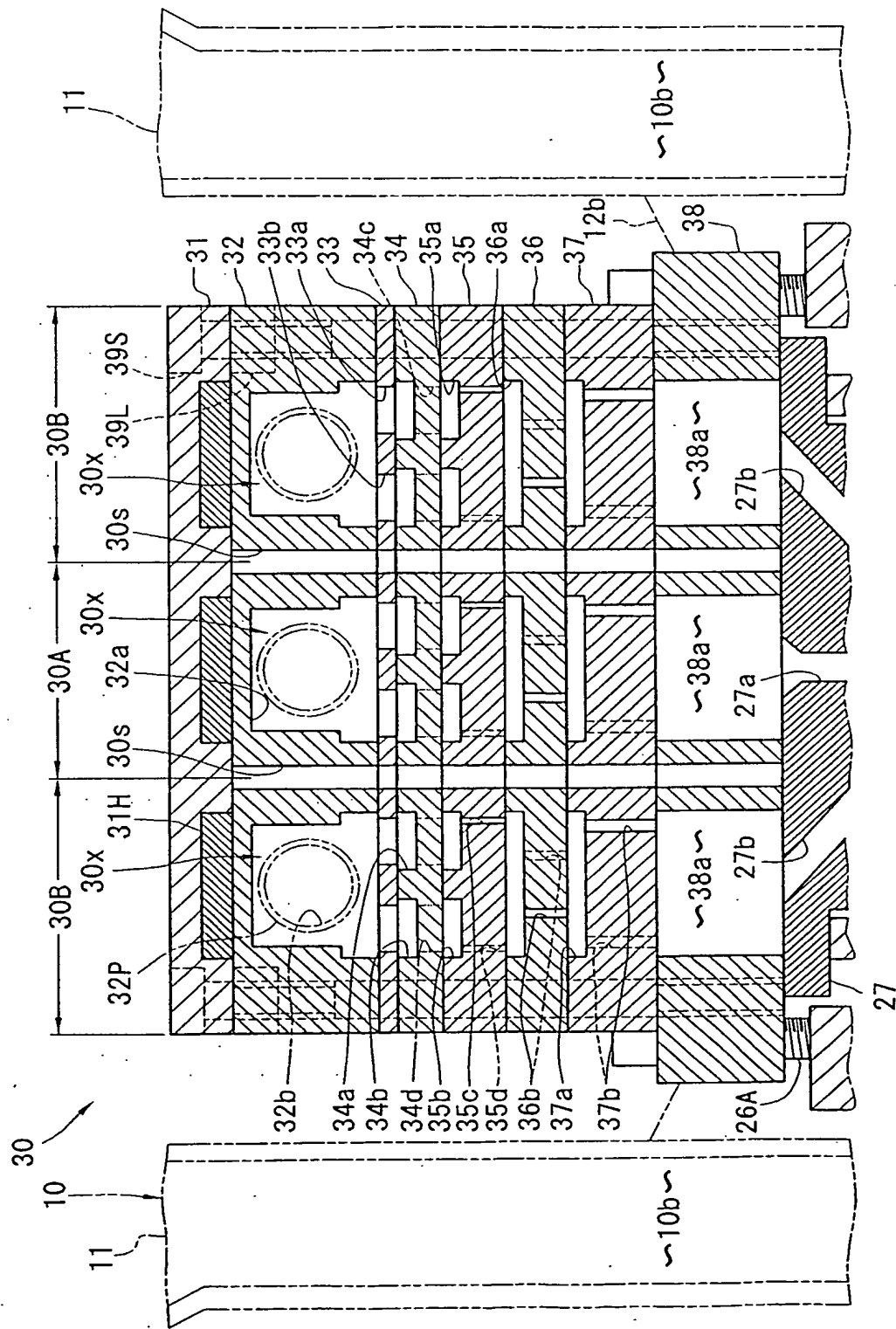
圖 1



THIS PAGE BLANK (USPTO)



図 2



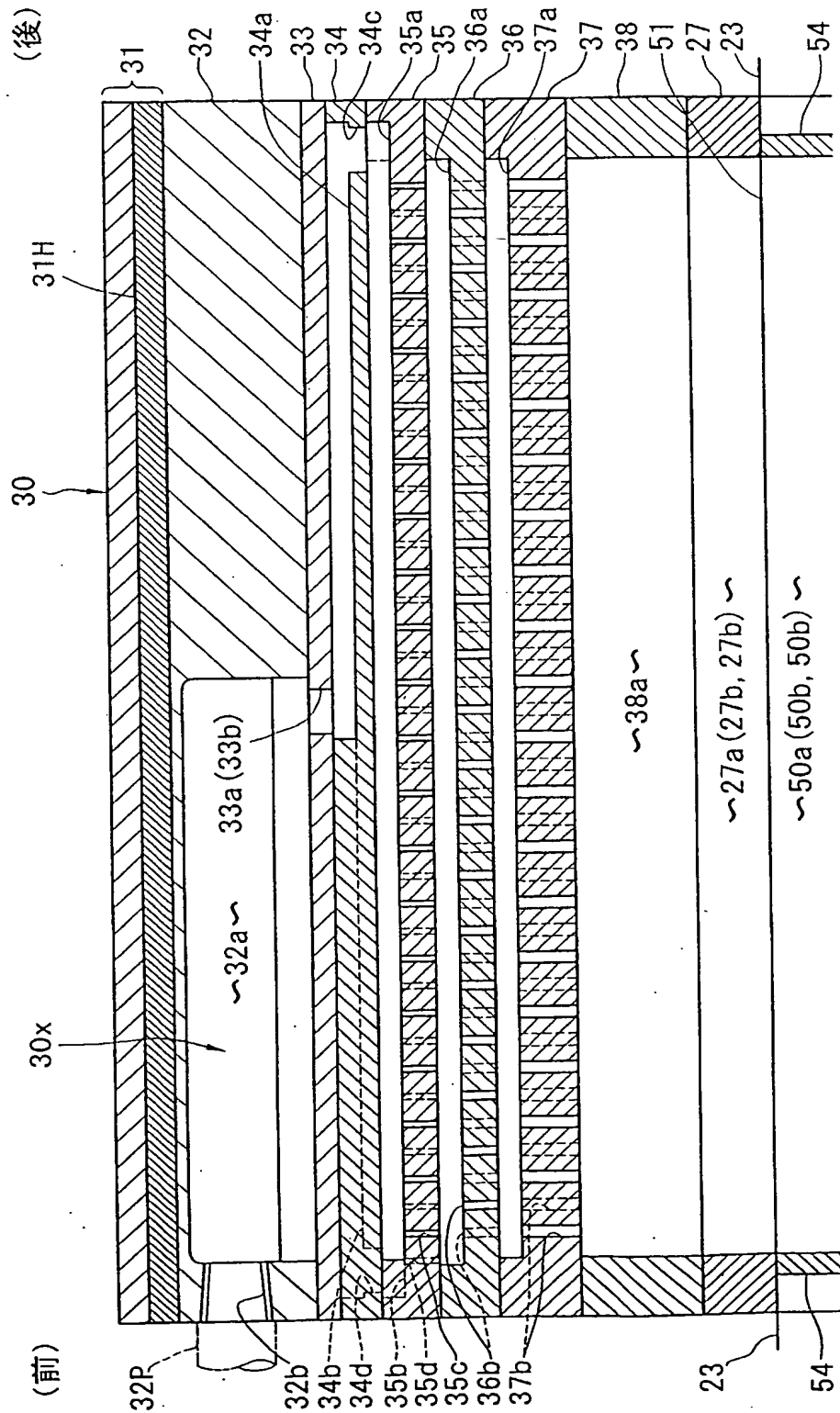
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



THIS PAGE BLANK (USPTO)

4/38

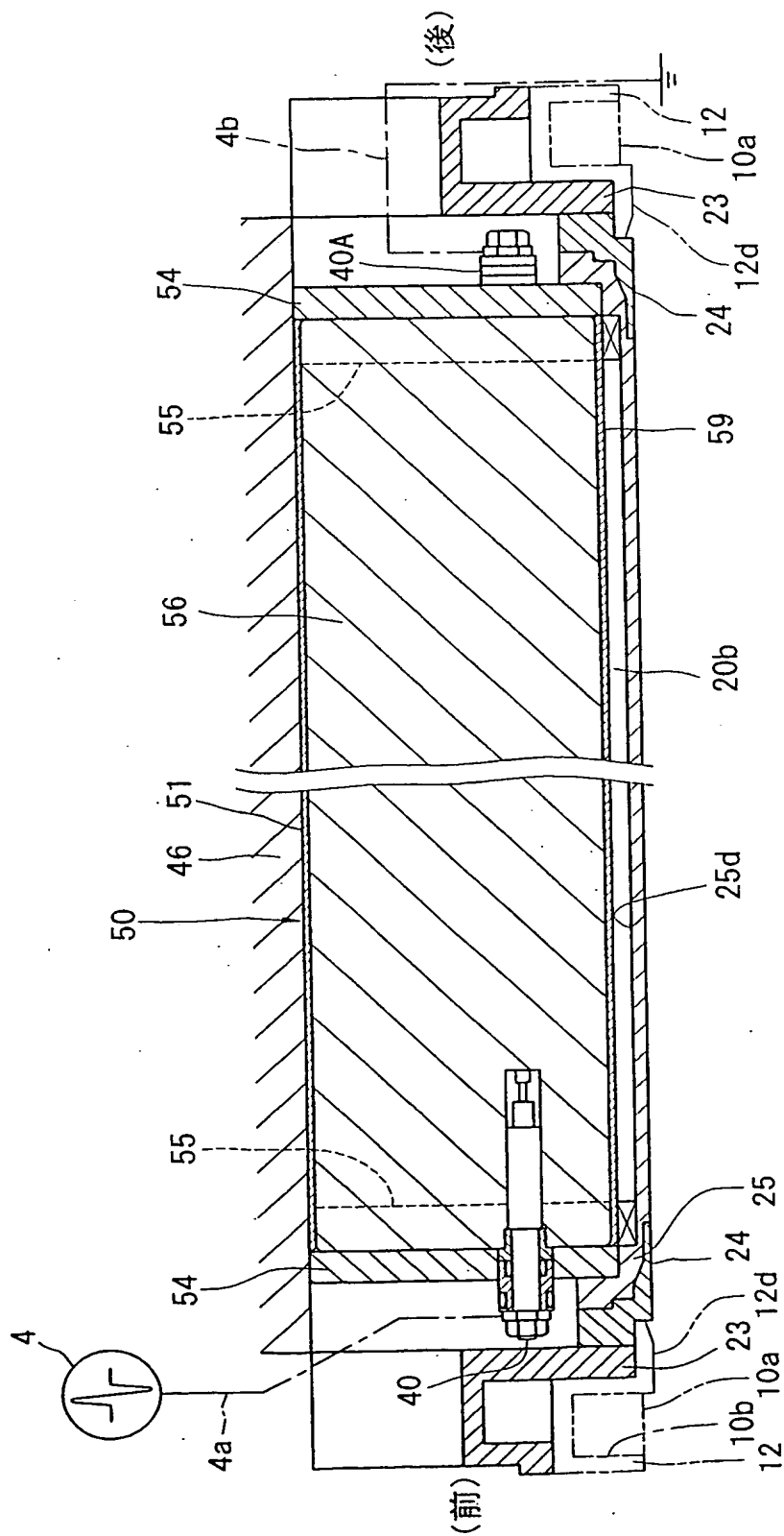
図 4



THIS PAGE BLANK (USPTO)

5/38

図 5

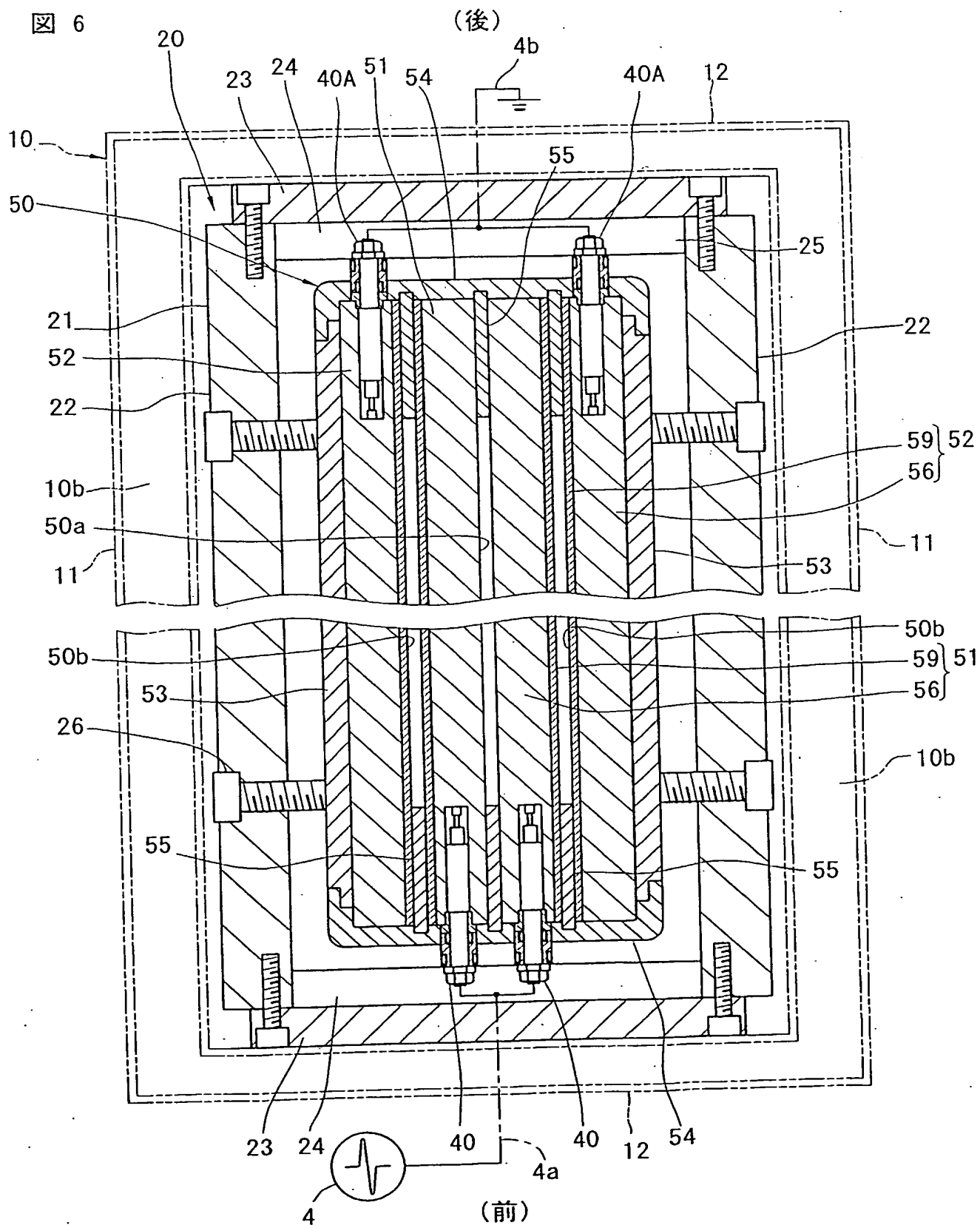


THIS PAGE BLANK (USPTO)



6/38

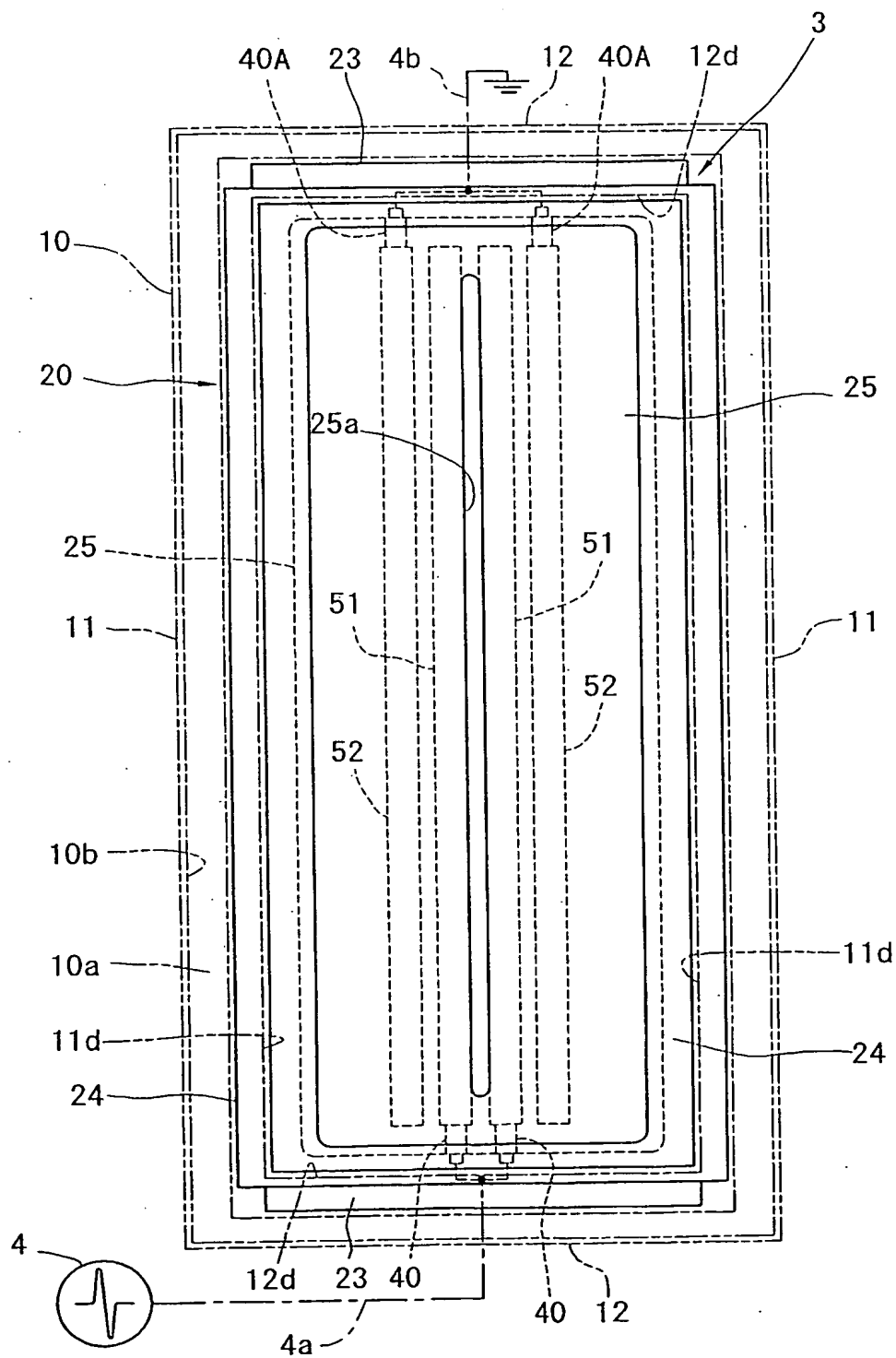
図 6



THIS PAGE BLANK (USPTO)

7/38

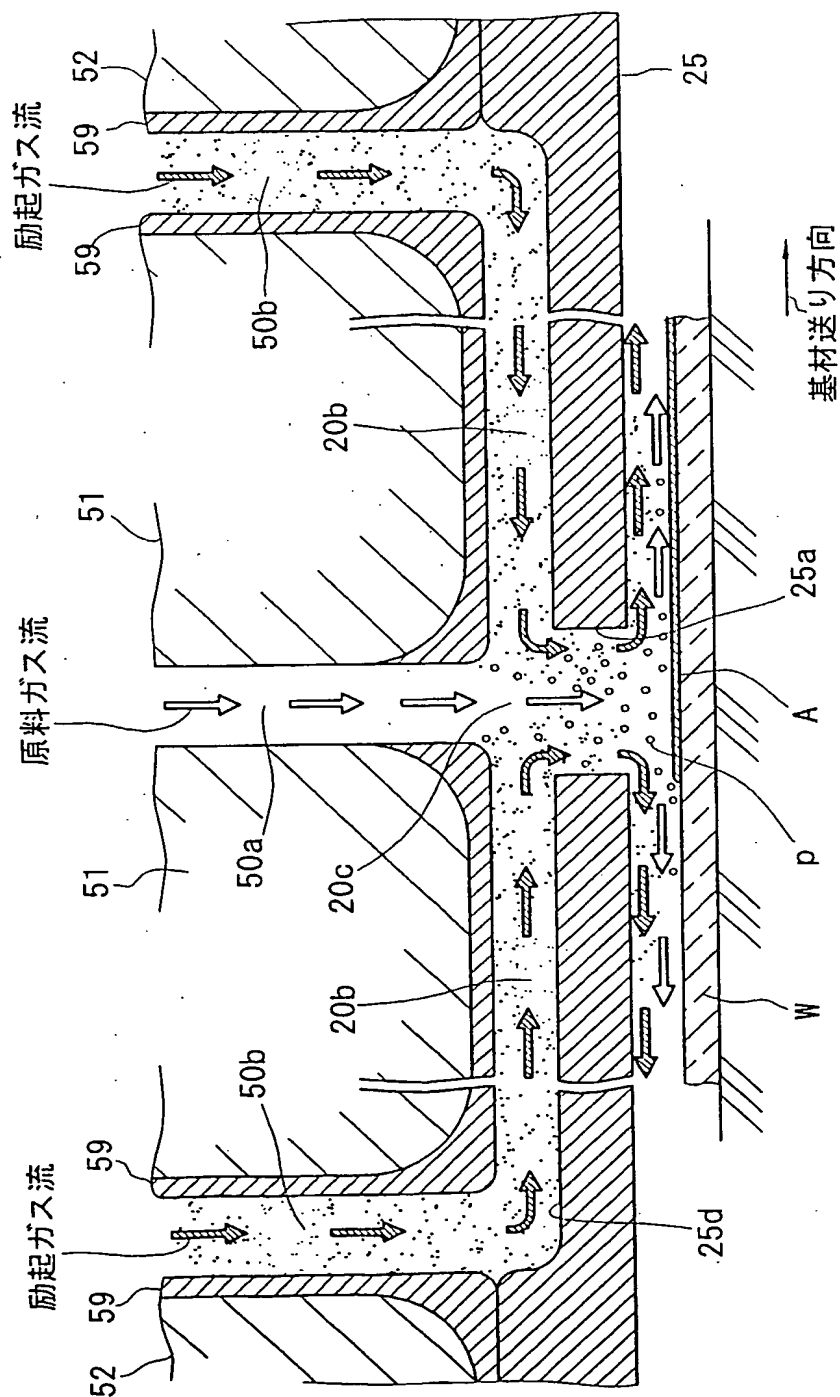
図 7



THIS PAGE BLANK (USPTO)

8/38

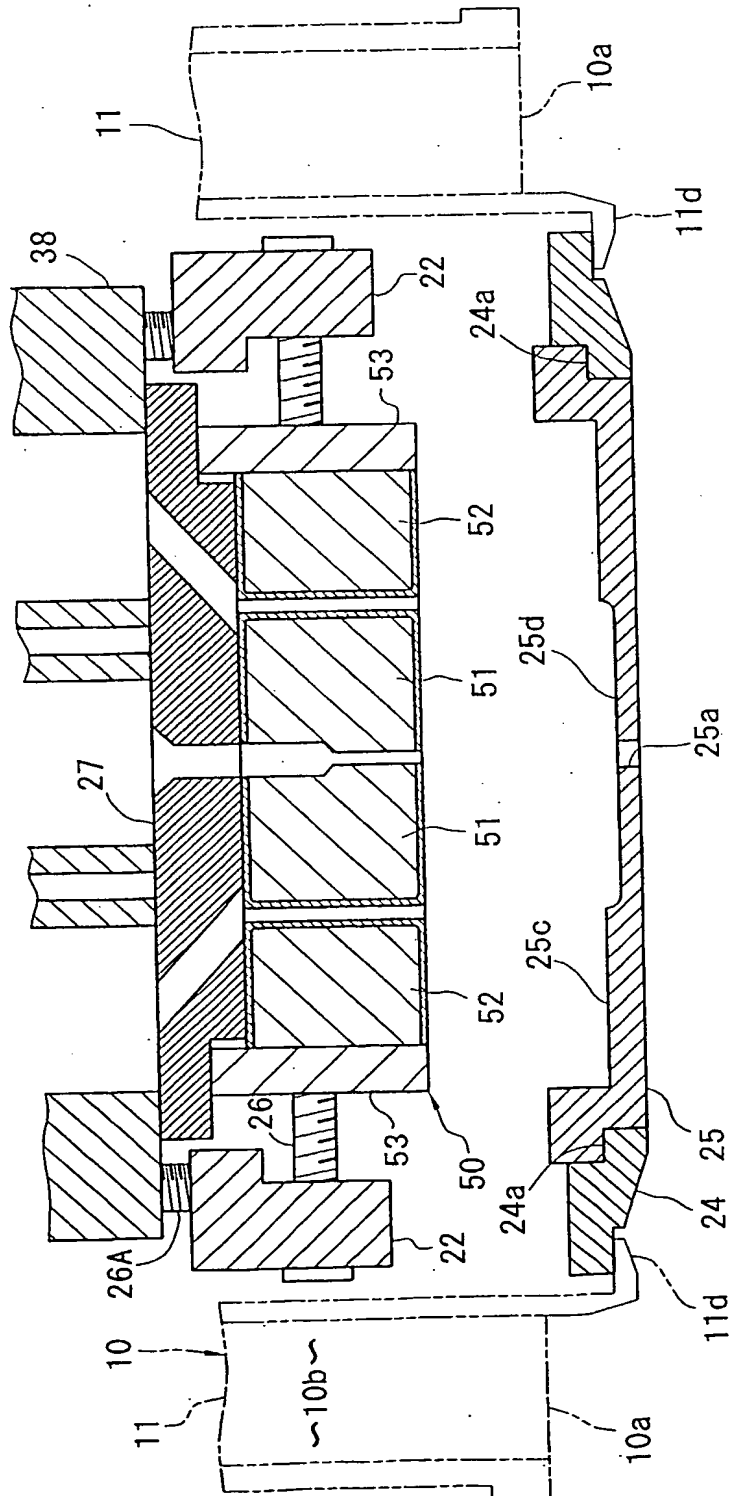
図 8



THIS PAGE BLANK (USPTO)

9/38

9

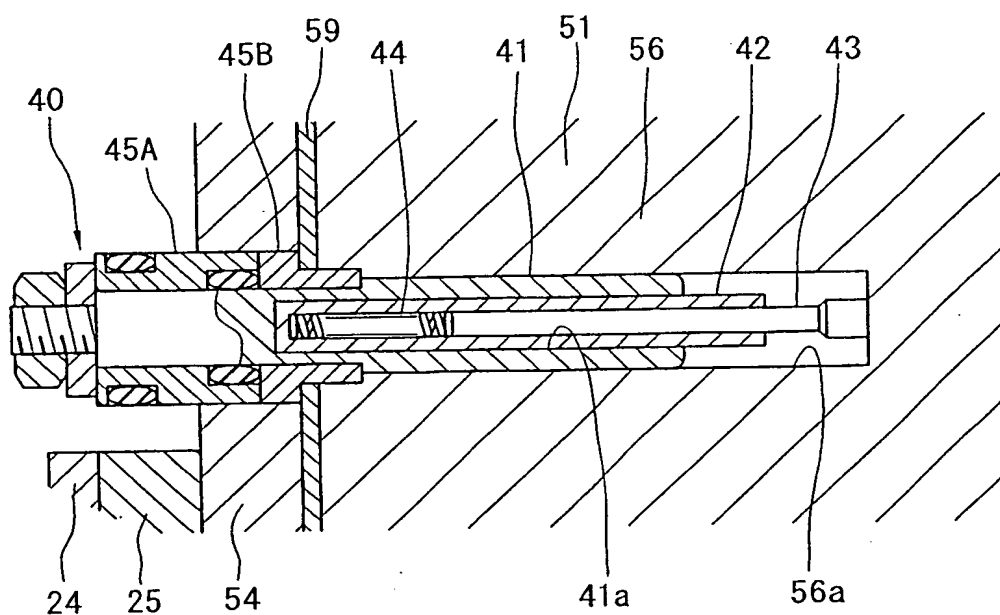


THIS PAGE BLANK (USPTO)



10/38

図 10



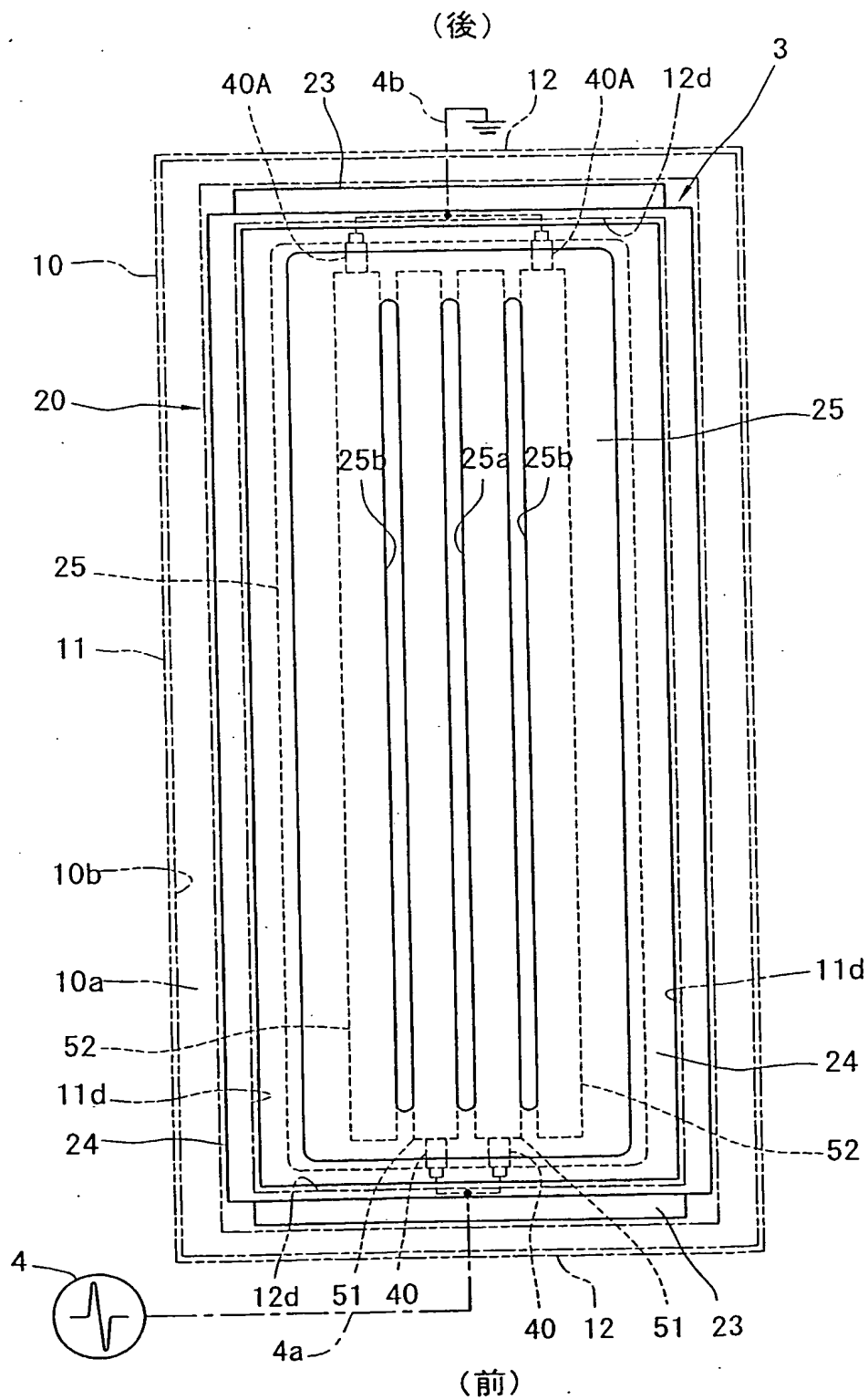
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

12/38

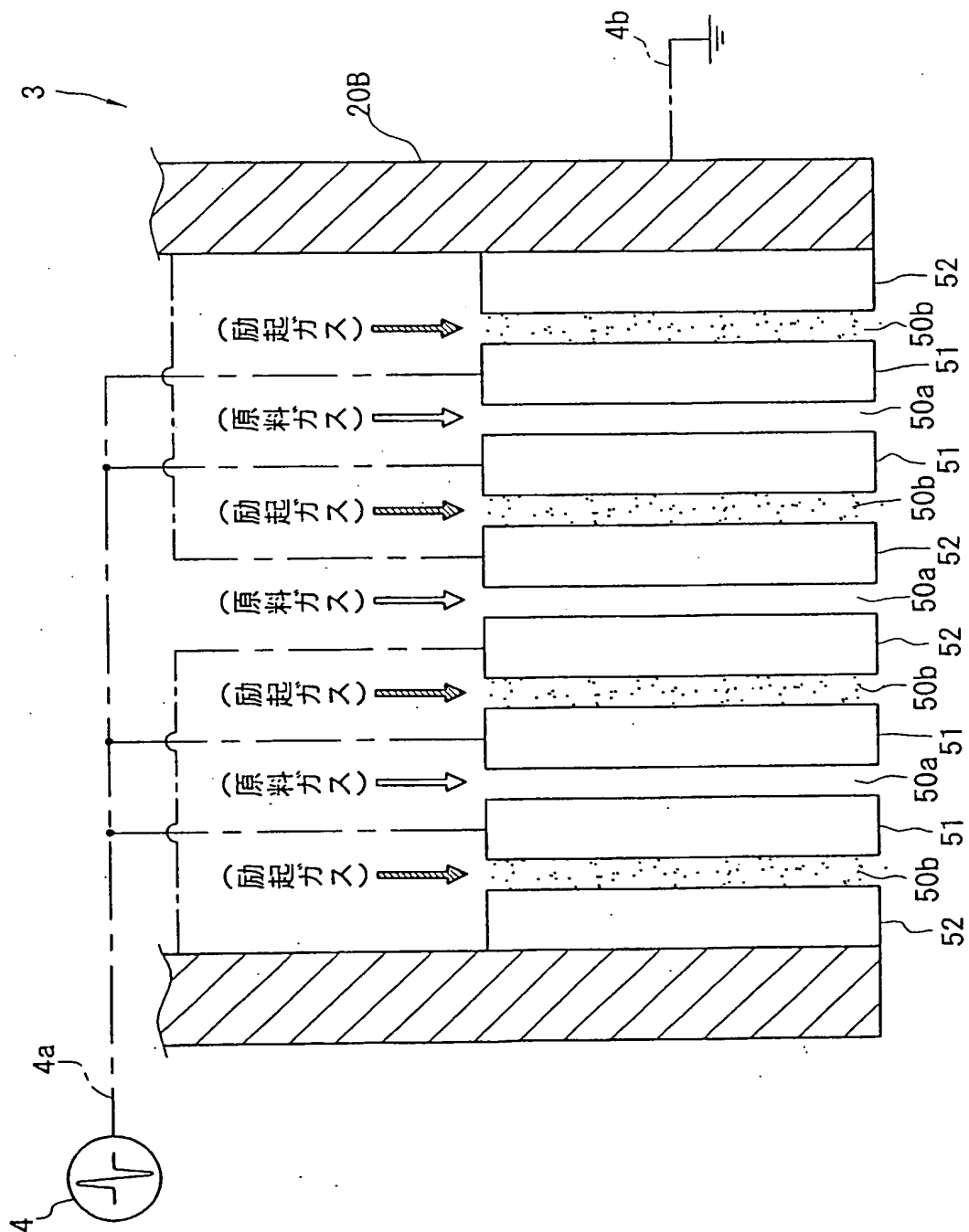
図 12



THIS PAGE BLANK (USPTO)

13/38

図 13

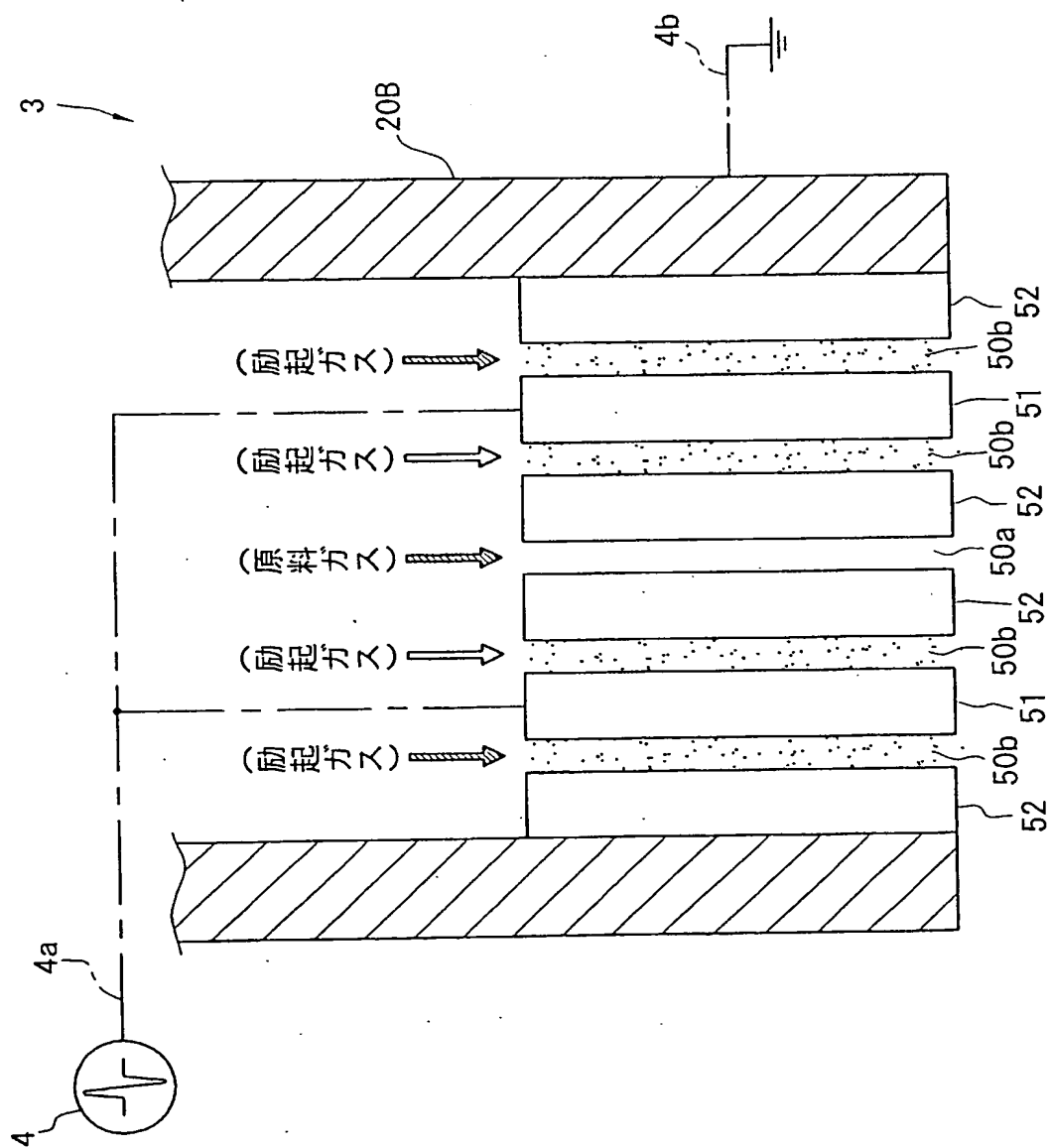


THIS PAGE BLANK (USPTO)



14/38

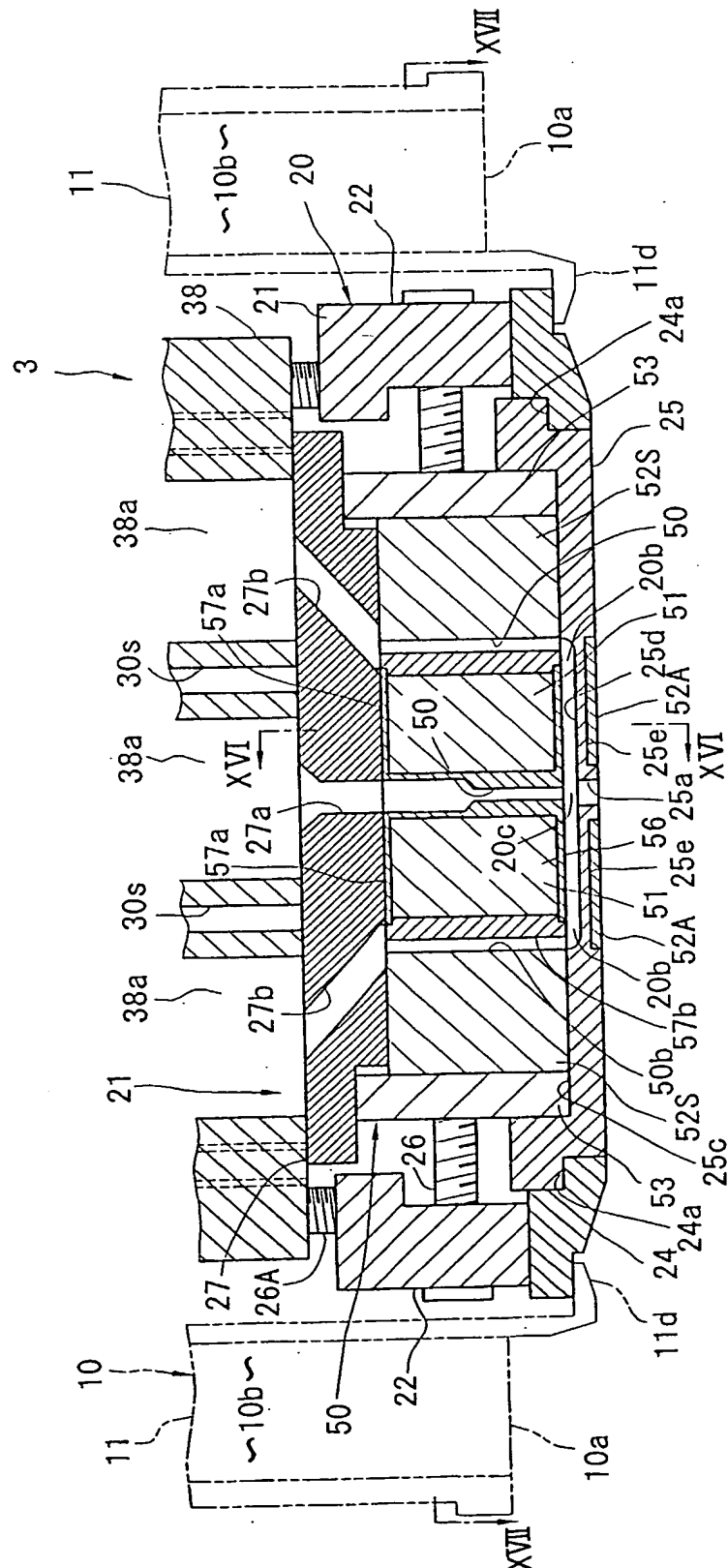
図 14



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

15/38

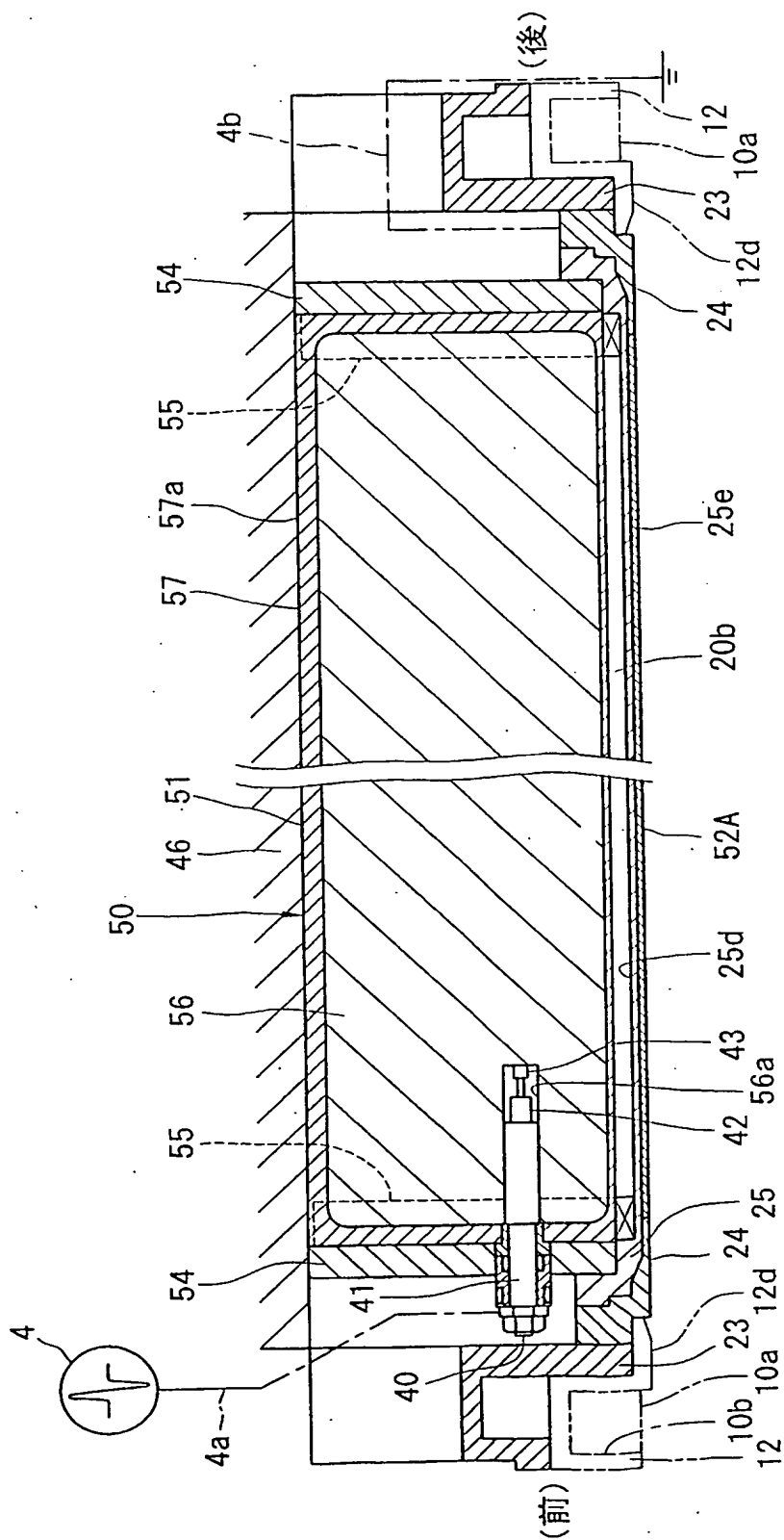
15



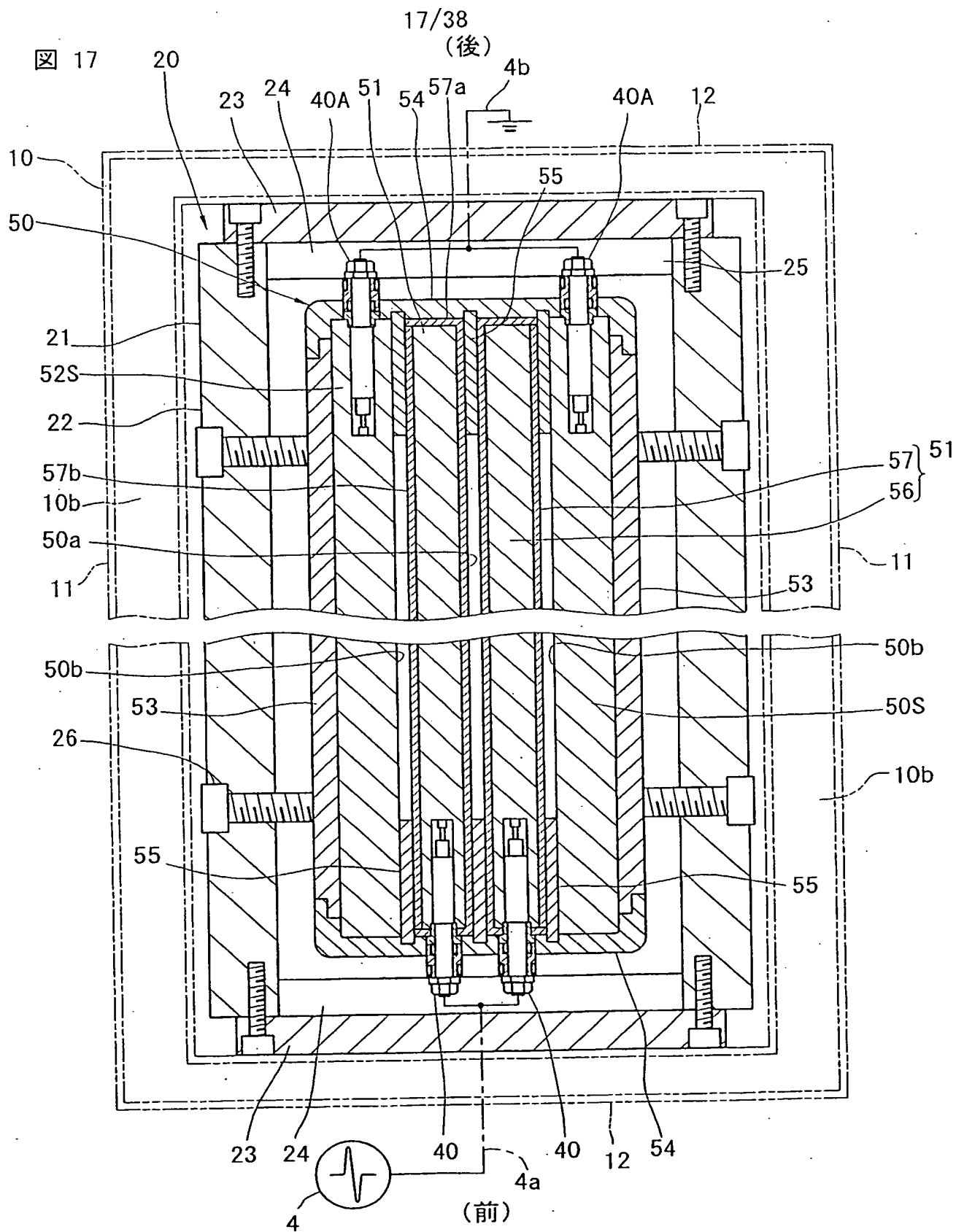
THIS PAGE BLANK (USPTO)

16/38

图 16



THIS PAGE BLANK (USPTO)

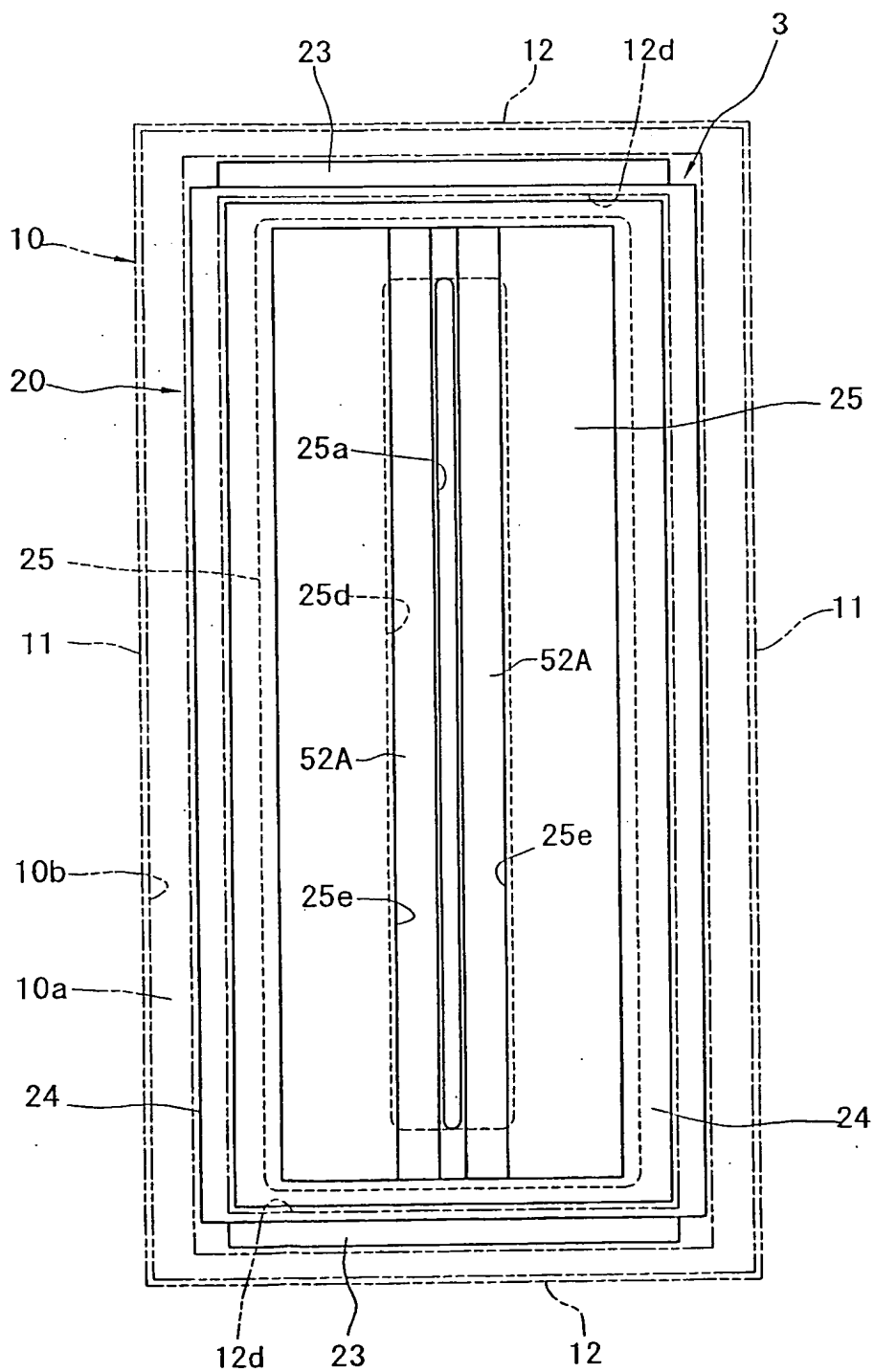


THIS PAGE BLANK (USPTO)



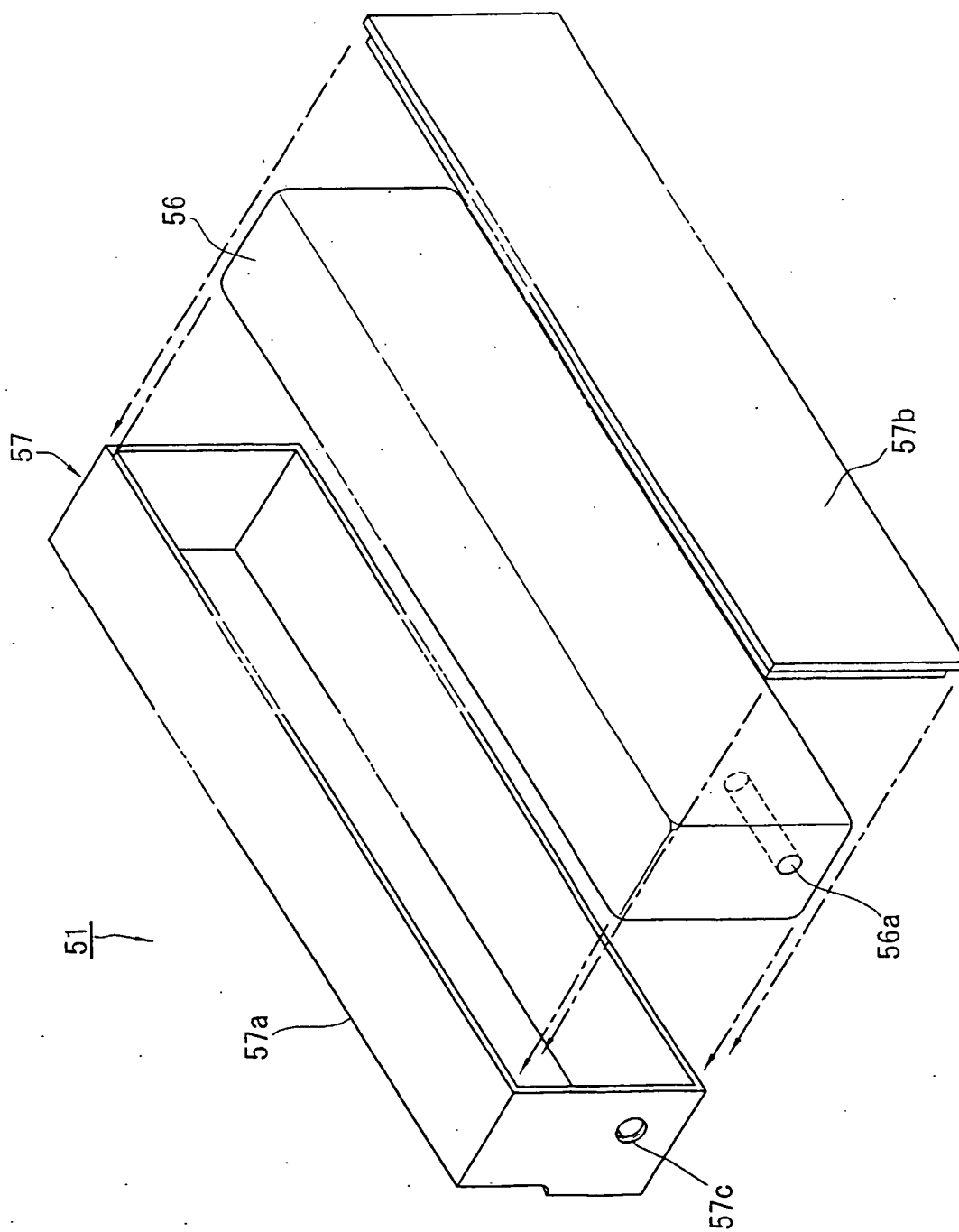
18/38

図 18



THIS PAGE BLANK (USPTO)

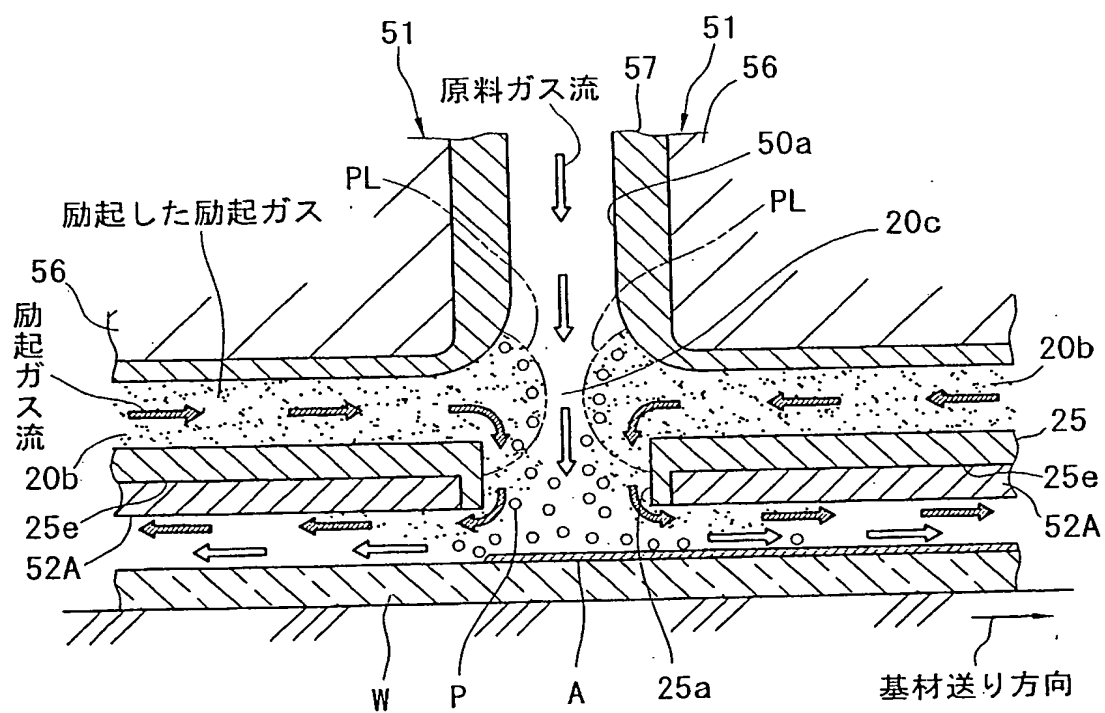
图 19



THIS PAGE BLANK (USPTO)

20/38

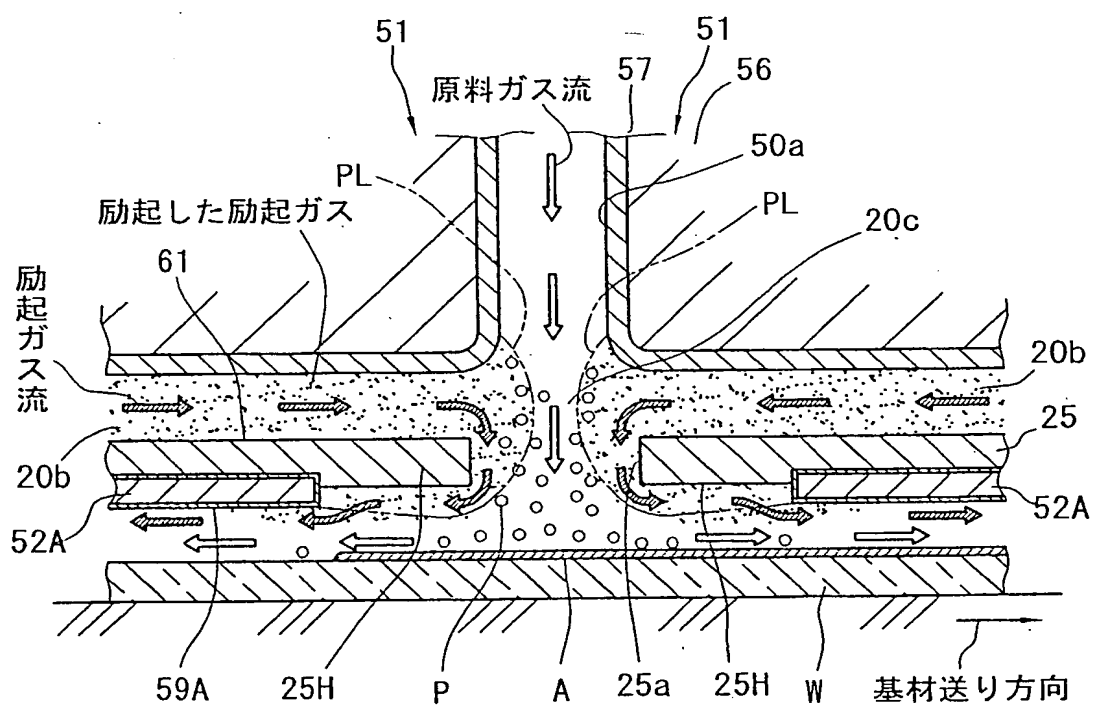
图 20



THIS PAGE BLANK (USPTO)

21/38

図 21

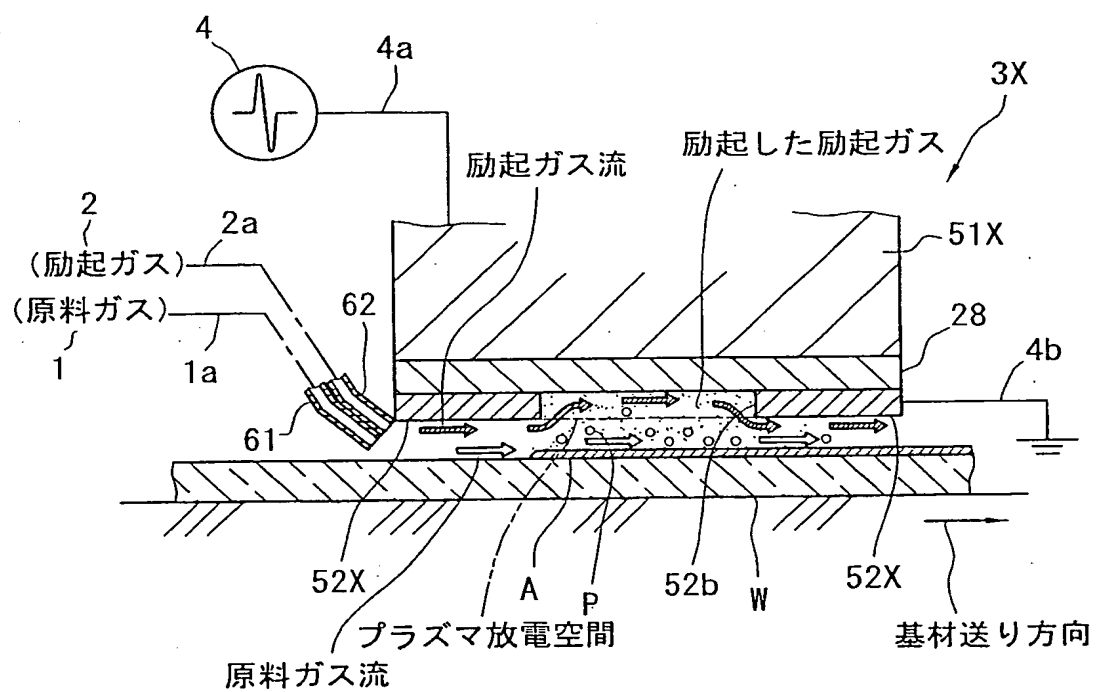


THIS PAGE BLANK (USPTO)



22/38

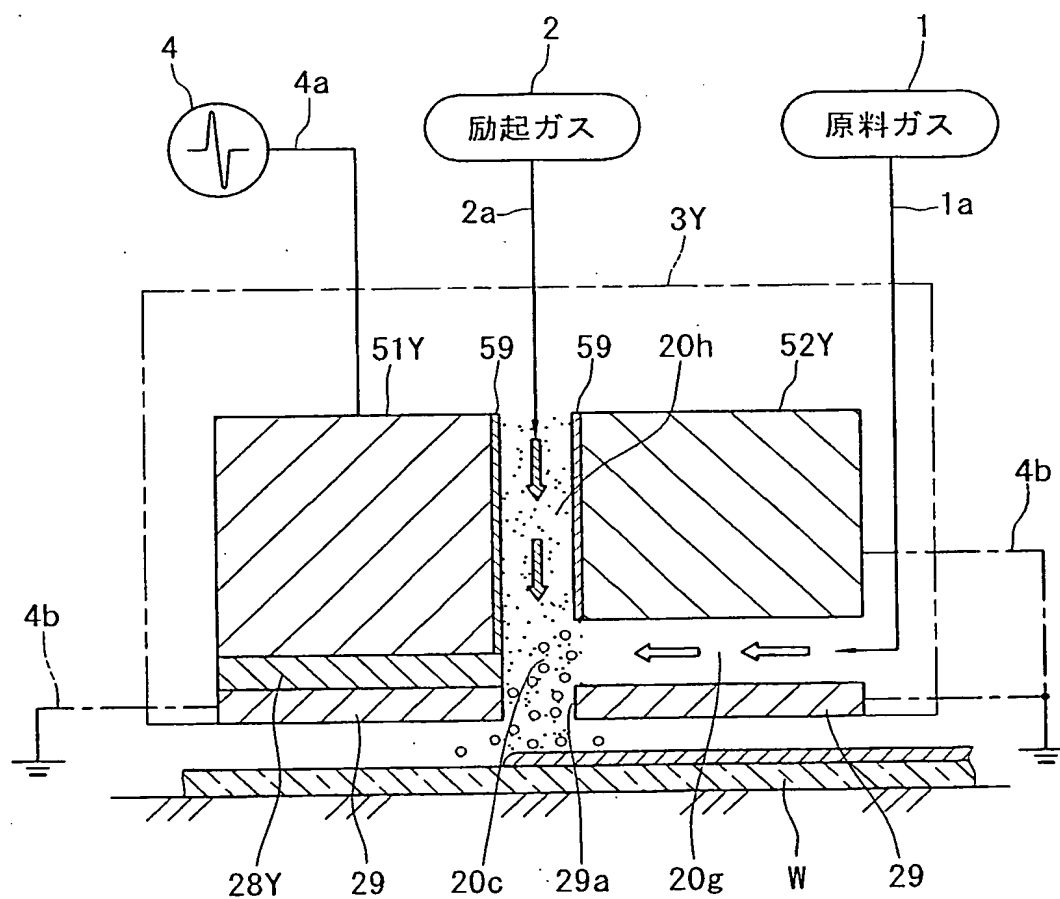
图 22



THIS PAGE BLANK (USPTO)

23/38

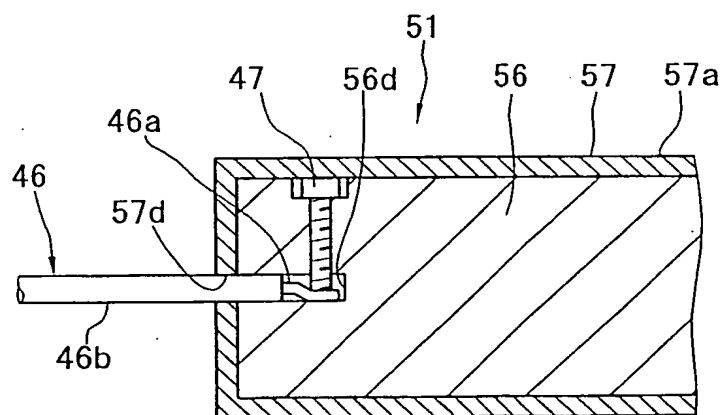
図 23



THIS PAGE BLANK (USPTO)

24/38

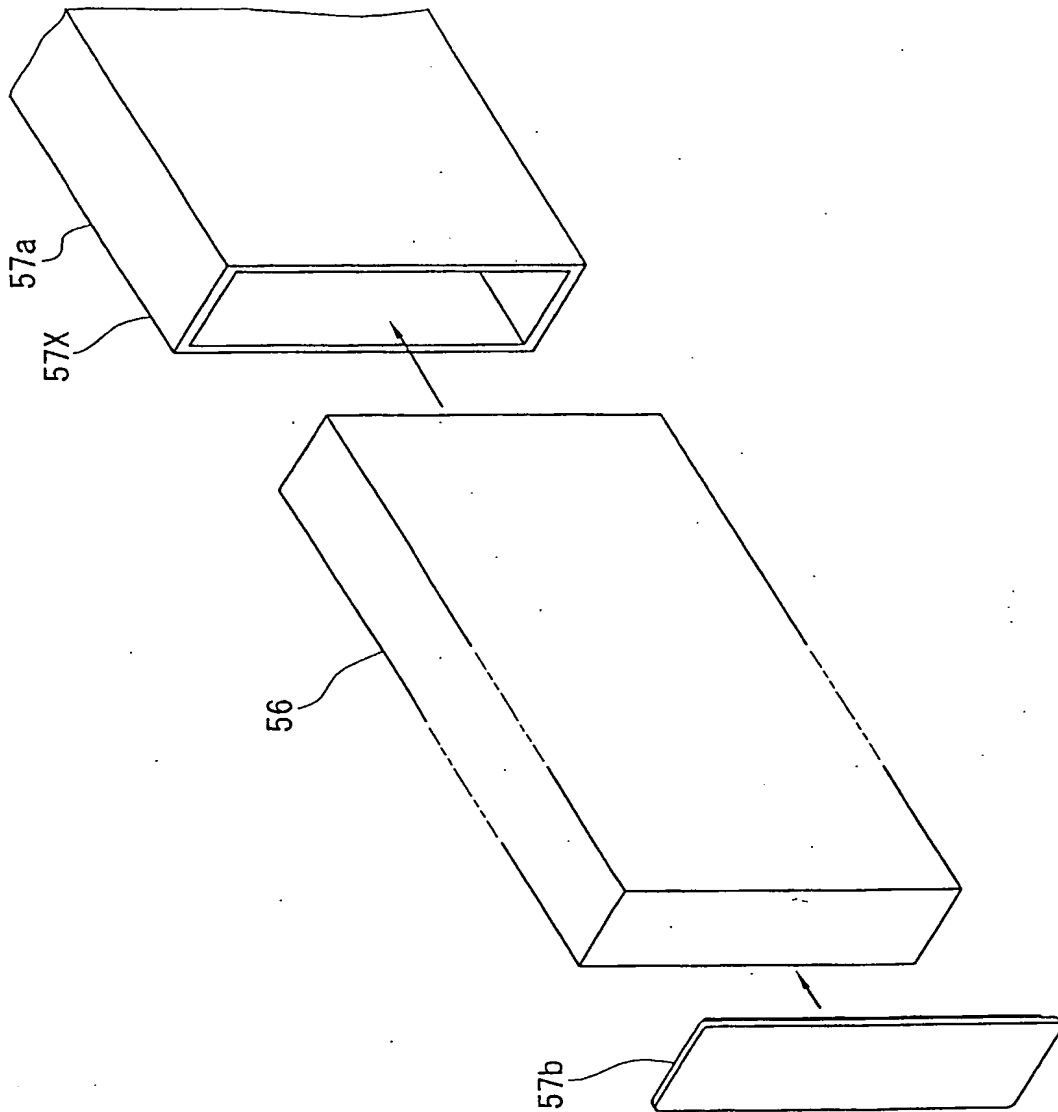
図 24



THIS PAGE BLANK (USPTO)

25/38

25

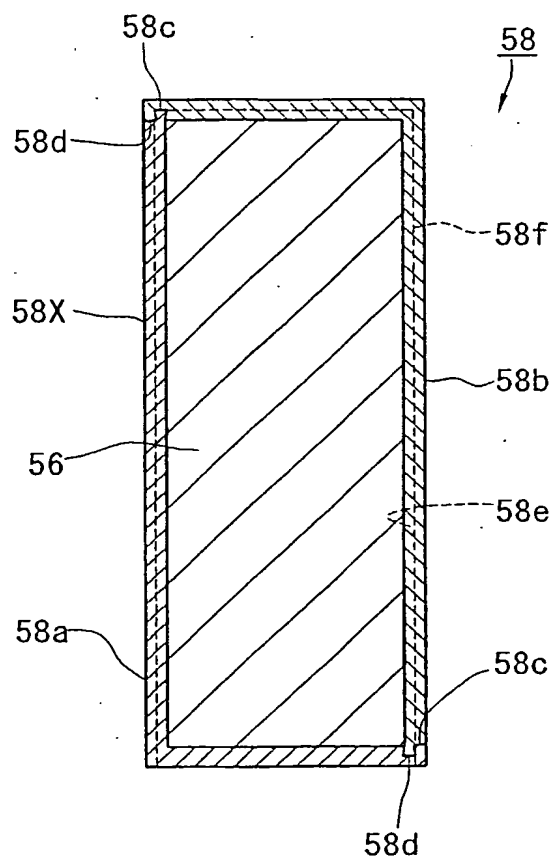


THIS PAGE BLANK (USPTO)



26/38

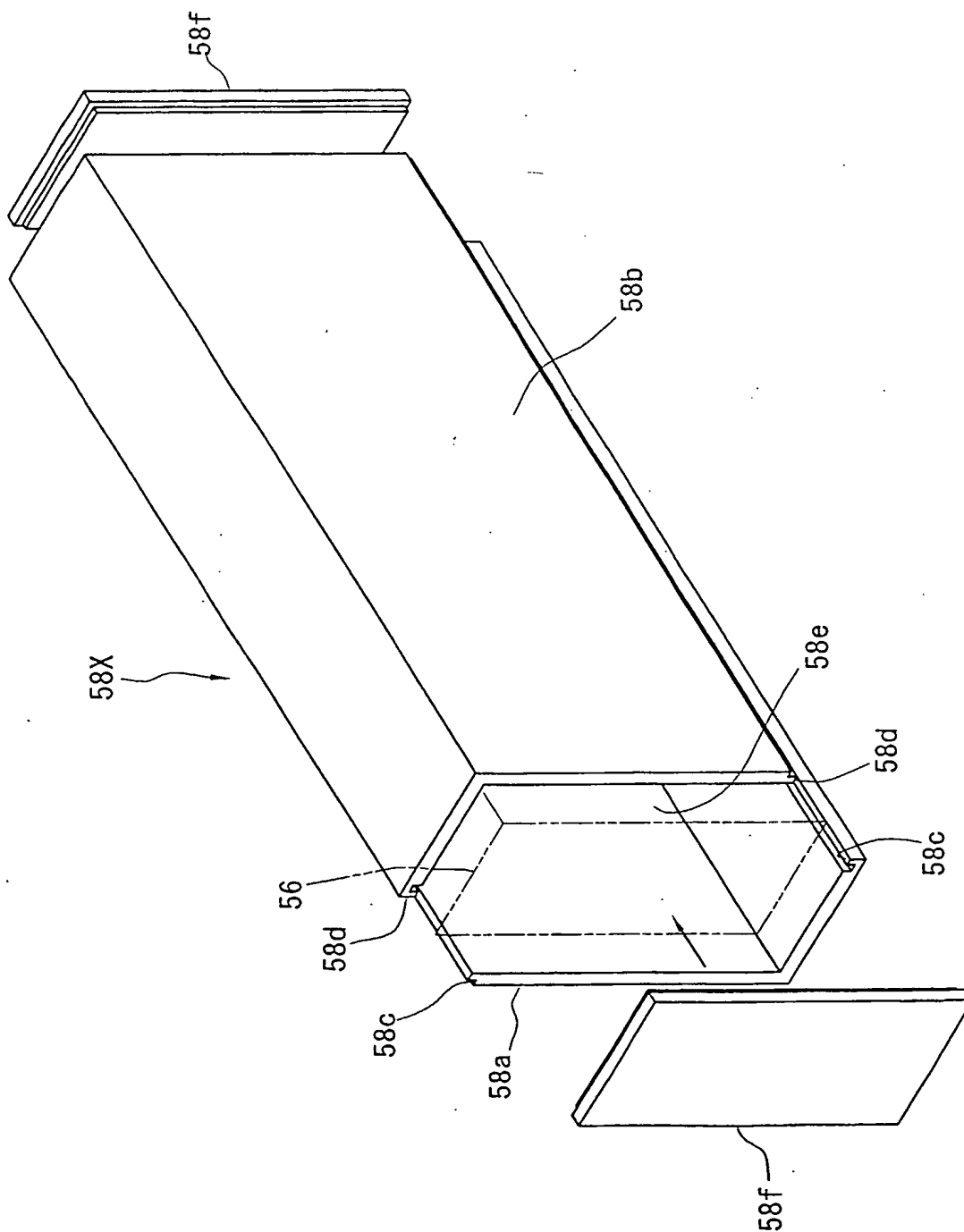
図 26



THIS PAGE BLANK (USPTO)

27/38

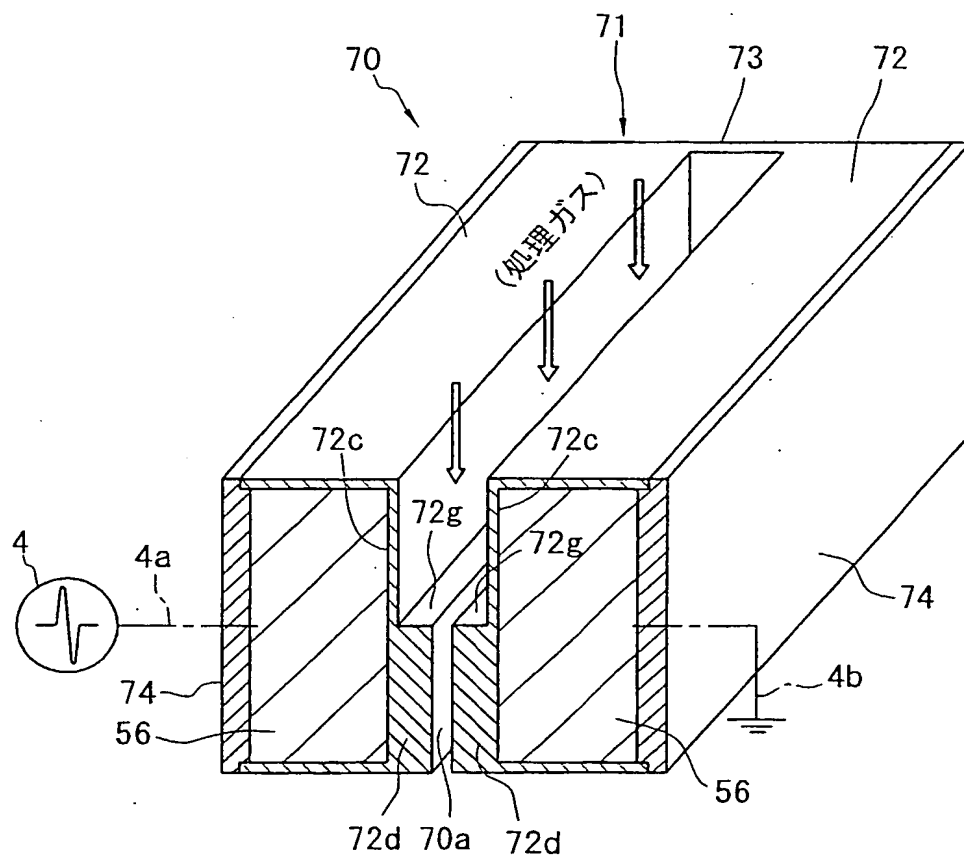
図 27



THIS PAGE BLANK (USPTO)

28/38

図 28



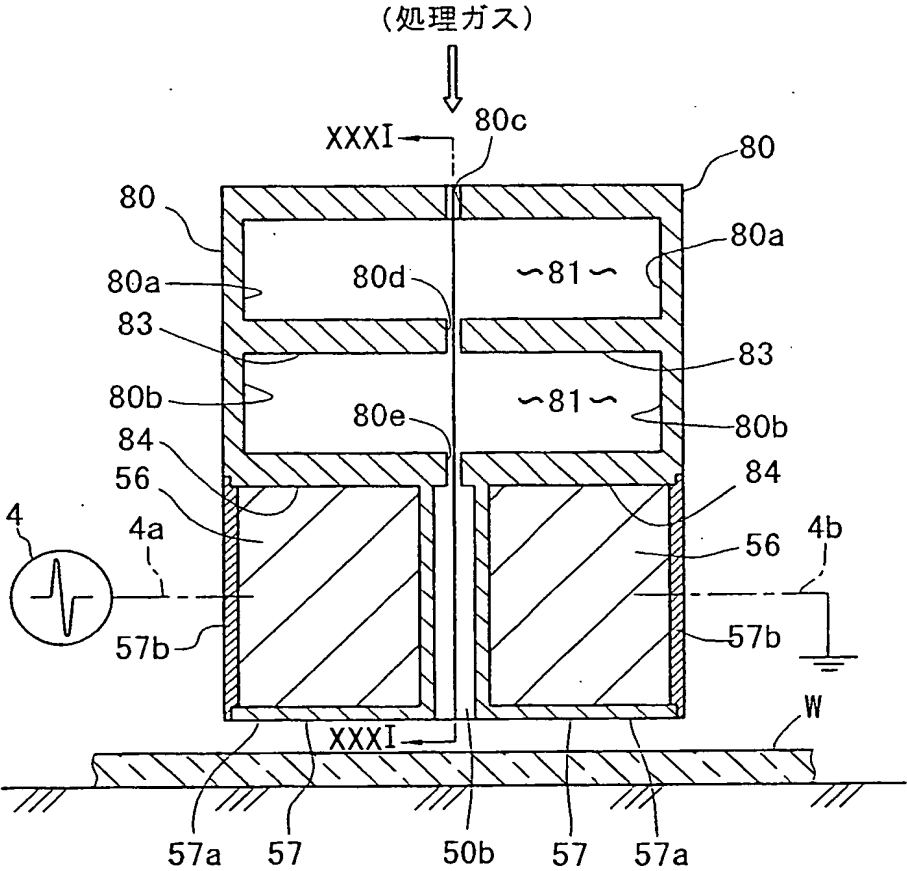
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

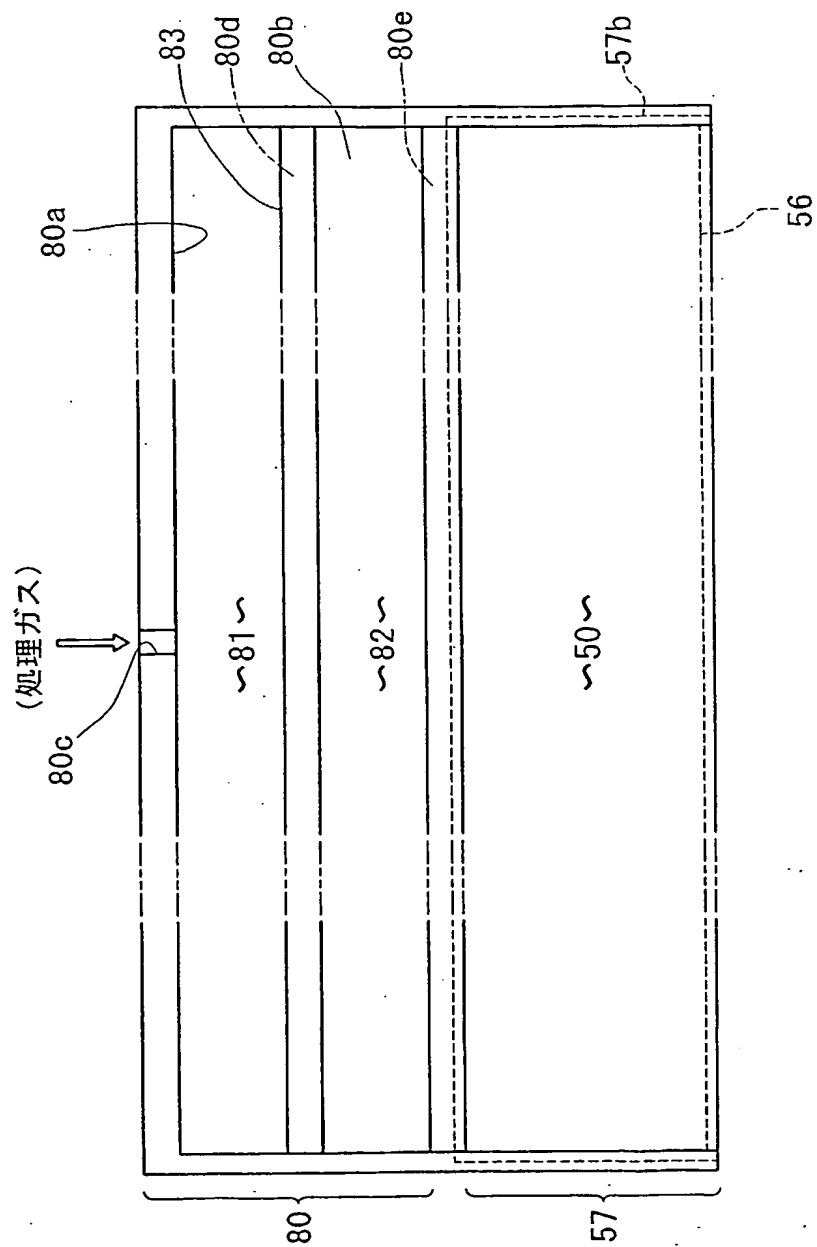


図 30



THIS PAGE BLANK (USPTO)

图 31



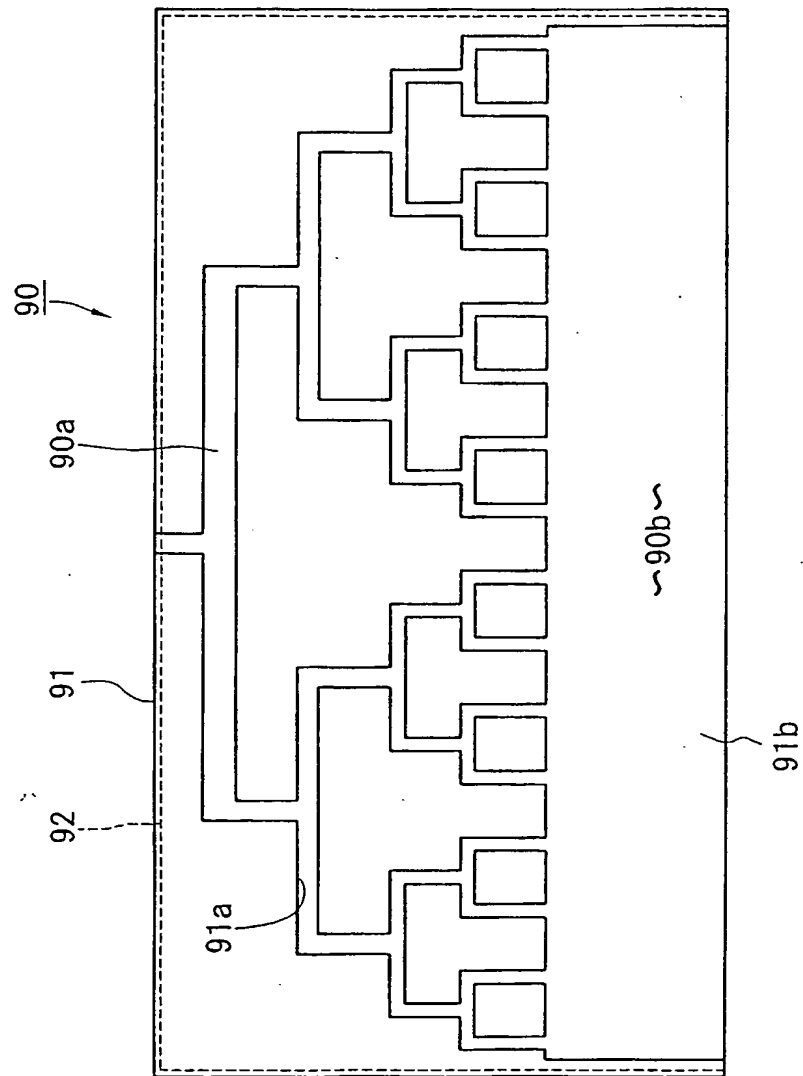
THIS PAGE BLANK (USPTO)



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

33/38

33

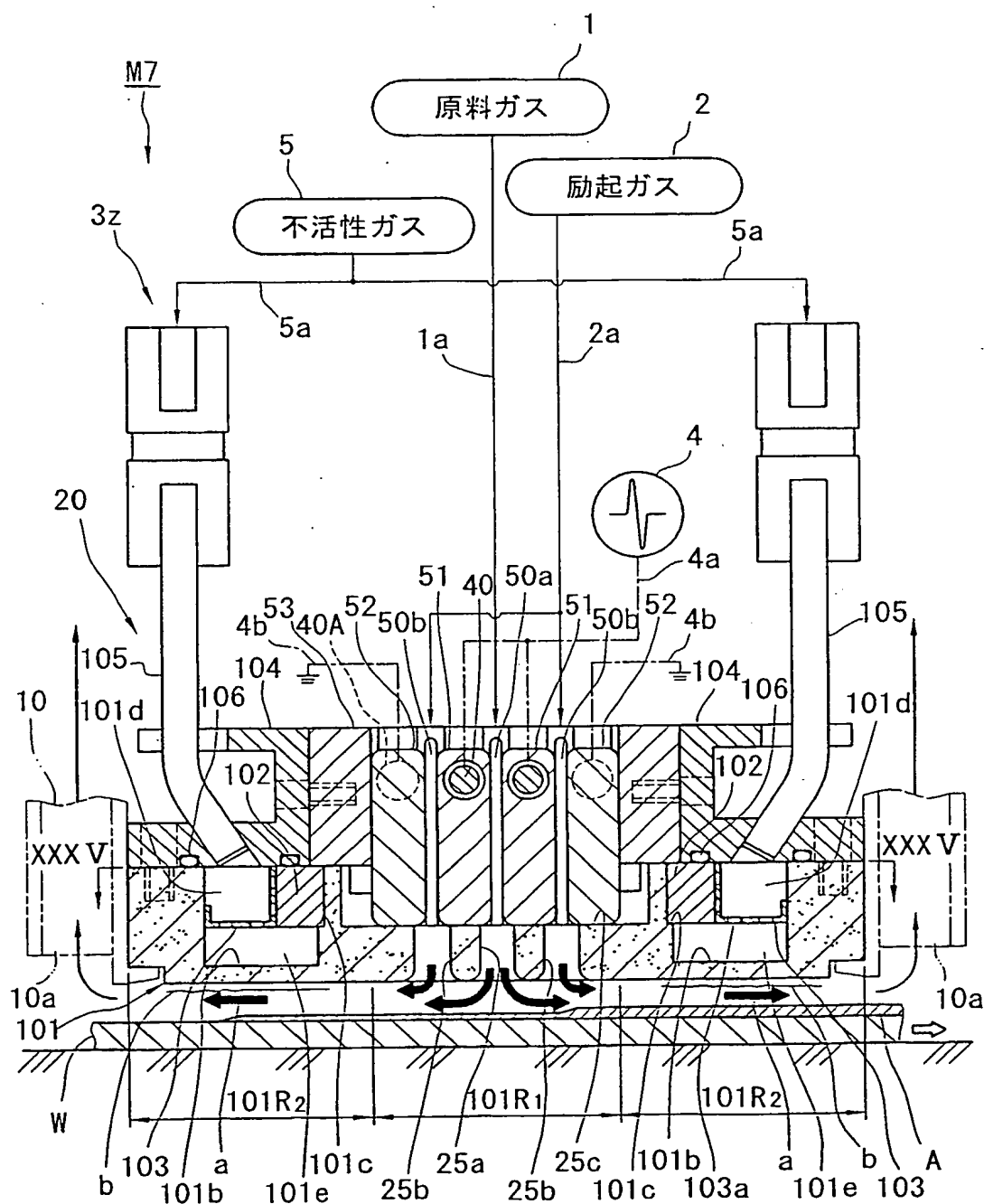


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



34/38

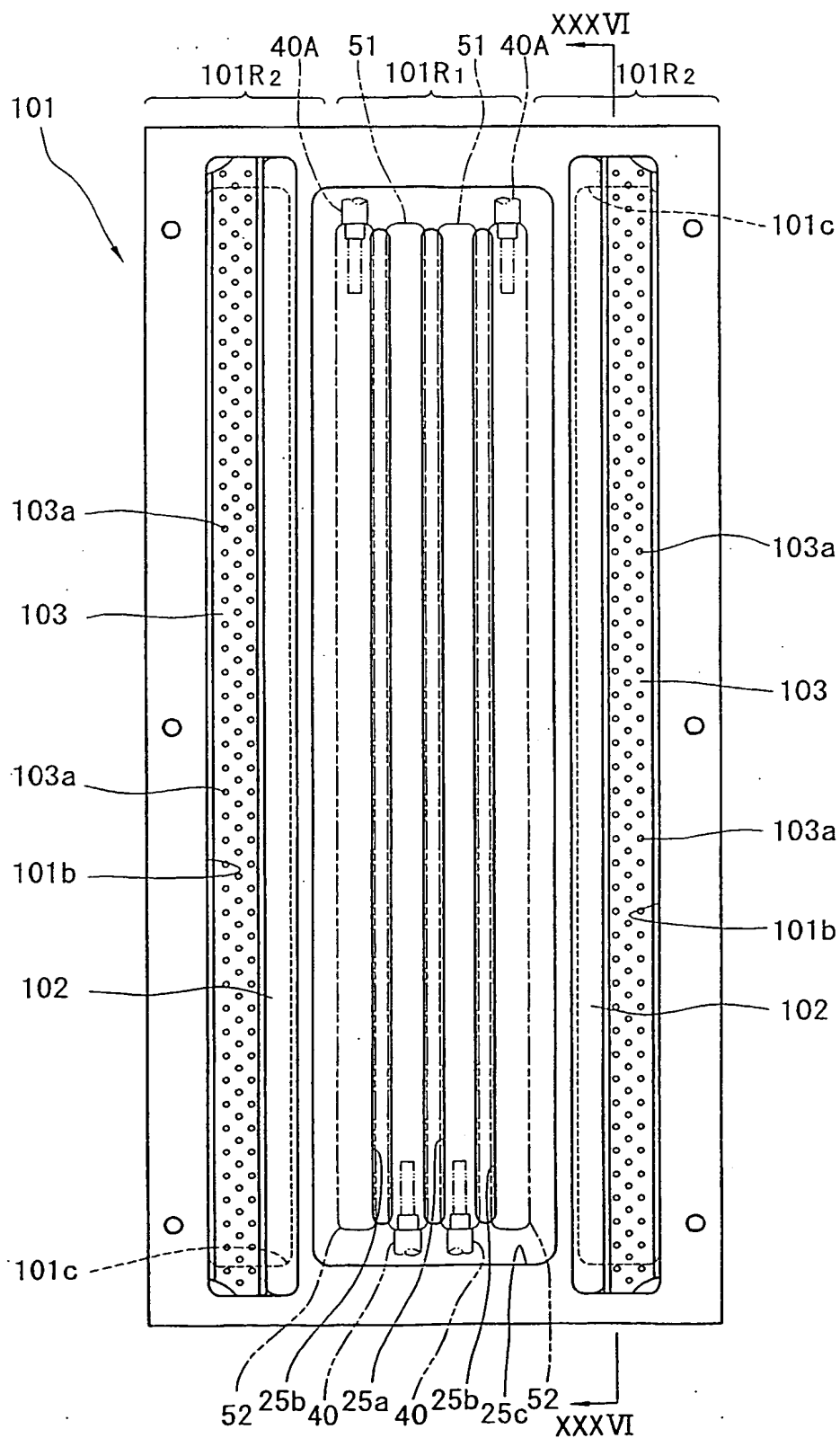
図 34



THIS PAGE BLANK (USPTO)

35/38

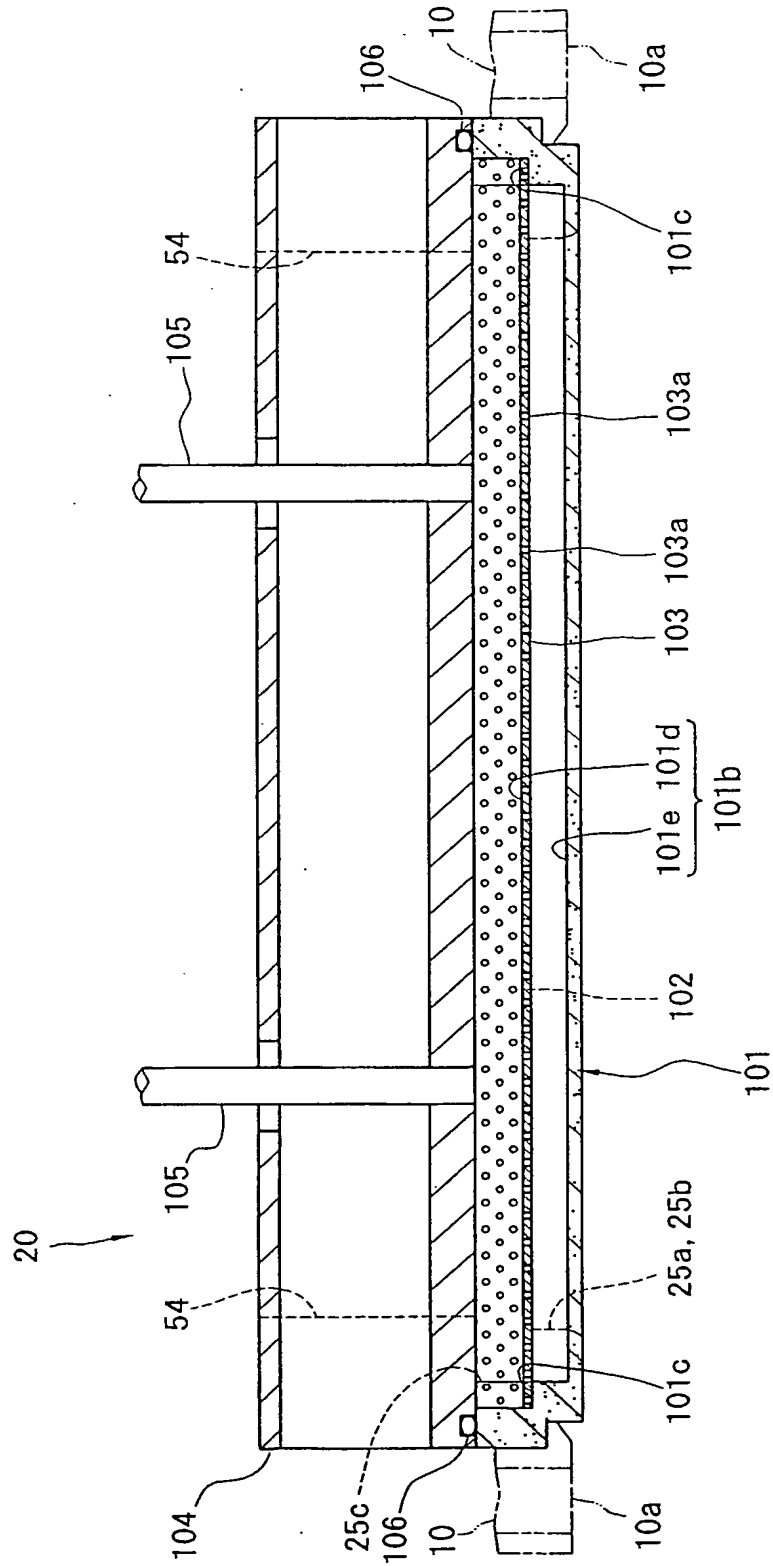
図 35



THIS PAGE BLANK (USPTO)

36/38

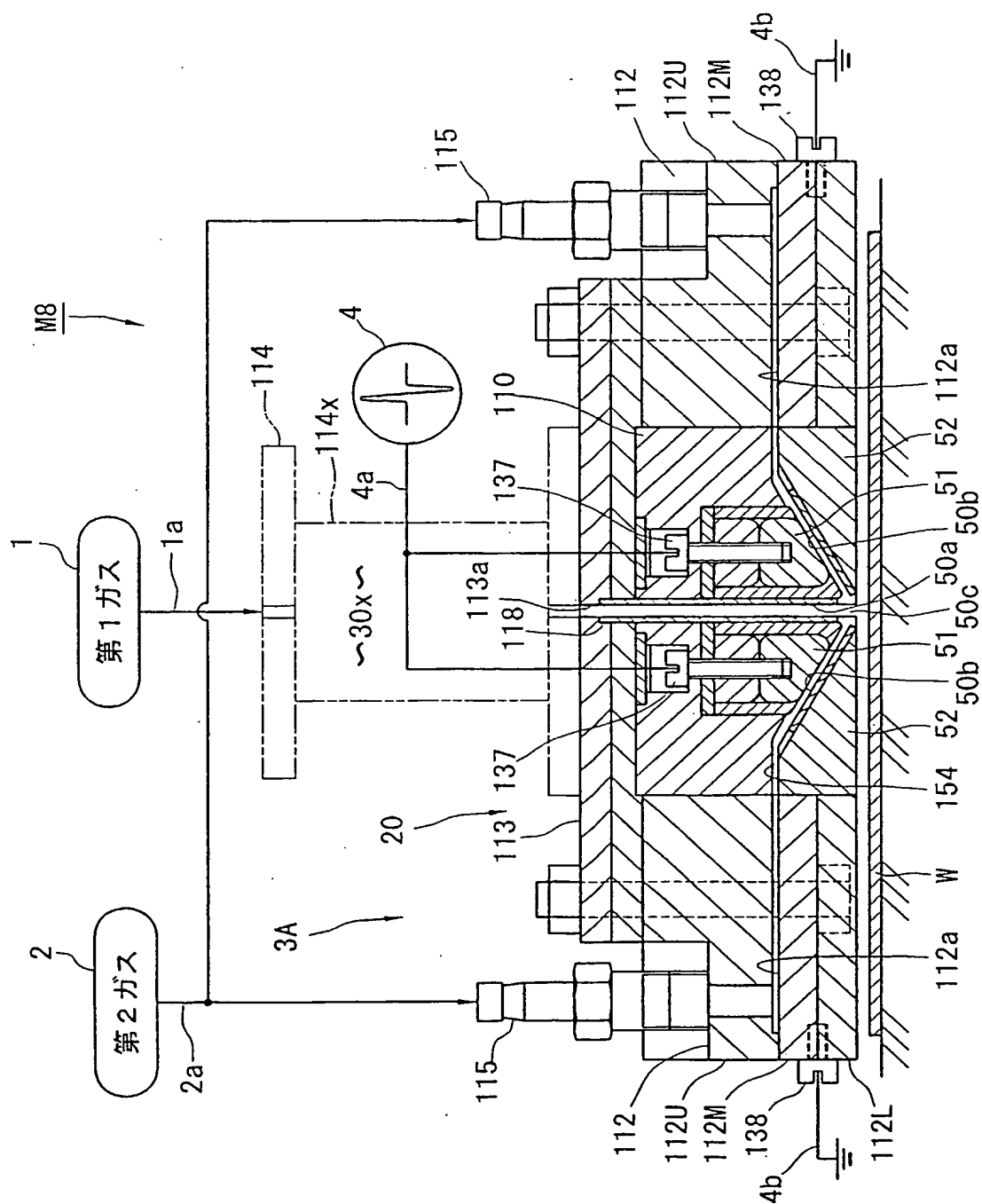
36



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

37/38

図 37

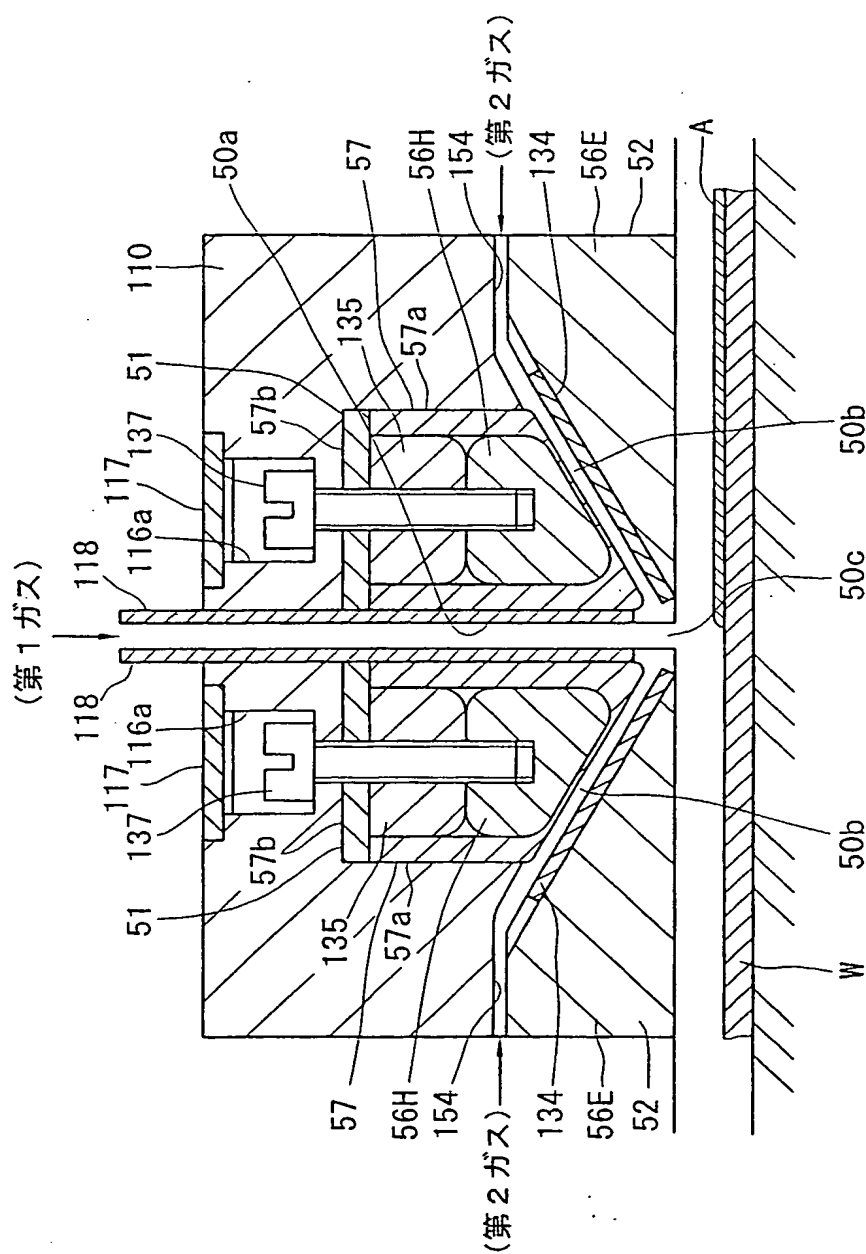


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



38/38

図 38



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP03/12821

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
Int.Cl.<sup>7</sup> H01L21/205, C23C16/50

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl.<sup>7</sup> H01L21/205, C23C16/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 3-21982 A (Sumitomo Precision Products Co., Ltd.), 26 September, 1991 (26.09.91), Page 3, upper left column, line 1 to page 3, lower right column, line 18; page 4, upper right column, line 8 to page 4, lower left column, line 10; Figs. 2a, 2b (Family: none)	1-24, 29-58
A	JP 2002-158219 A (Sekisui Chemical Co., Ltd.), 31 May, 2002 (31.05.02), Par. Nos. [0024] to [0041] (Family: none)	1-24, 29-58

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Date of the actual completion of the international search 24 December, 2003 (24.12.03)	Date of mailing of the international search report 20 January, 2004 (20.01.04)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/12821

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-80970 A (Sekisui Chemical Co., Ltd.), 22 March, 2002 (22.03.02), Par. Nos. [0075] to [0079]; Fig. 5 (Family: none)	1-58
X	JP 2000-178744 A (Komatsu Ltd.), 27 June, 2000 (27.06.00), Par. Nos. [0039] to [0037]; Figs. 3 to 6 (Family: none)	25, 26
X	JP 7-29827 A (Kawasaki Steel Corp.), 31 January, 1995 (31.01.95), Par. Nos. [0012] to [0019] (Family: none)	25
P, X	JP 2003-249492 A (Konica Corp.), 05 September, 2003 (05.09.03), Par. Nos. [0031] to [0039], [0048] to [0052]; Fig. 7 (Family: none)	1-11, 25-27, 52-55, 58

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl<sup>1</sup> H 0 1 L 2 1 / 2 0 5, C 2 3 C 1 6 / 5 0

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl<sup>1</sup> H 0 1 L 2 1 / 2 0 5, C 2 3 C 1 6 / 5 0

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 3-219082 A (住友精密工業株式会社) 1991.09.26 第3頁左上欄第1行-第3頁右下欄第18行、 第4頁右上欄第8行-第4頁左下欄第10行、第2図a、第2図b (ファミリーなし)	1-24, 29-58
A	J P 2002-158219 A (積水化学工業株式会社) 2002.05.31 【0024】-【0041】 (ファミリーなし)	1-24, 29-58

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24. 12. 03

国際調査報告の発送日

20. 1. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

今井 拓也



4 R

9169

電話番号 03-3581-1101 内線 3469

## C (続き) 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2002-80970 A (積水化学工業株式会社) 2002.03.22 【0075】-【0079】【図5】 (ファミリーなし)	1-58
X	J P 2000-178744 A (株式会社小松製作所) 2000.06.27 【0039】-【0037】【図3】-【図6】 (ファミリーなし)	25, 26
X	J P 7-29827 A (川崎製鉄株式会社) 1995.01.31 【0012】-【0019】 (ファミリーなし)	25
P X	J P 2003-249492 A (コニカ株式会社) 2003.09.05 【0031】-【0039】【0048】-【0052】【図7】 (ファミリーなし)	1-11, 25-27, 52-55, 58